59
O. v. GUERICKE, „MAGDEB. VERSUCHE“

OSTWALD'S KLASSIKER
DER EXAKTEN WISSENSCHAFTEN.
Nr. 59.

OTTO VON GUERICKE'S

NEUE „MAGDEBURGISCHE“ VERSUCHE

ÜBER

DEN LEEREN RAUM.

(1672.)

WILHELM ENGELMANN IN LEIPZIG.

OSTWALD'S KLASSIKER

DER

EXAKTEN WISSENSCHAFTEN

z. Z. herausgegeben von

Prof. emer. Dr. Arthur von Oettingen

Privatdocent in Leipzig.

8. In Leinen gebunden.

Es sind bis jetzt erschienen aus den Gebieten der

Physik und Astronomie:

Nr. 1. **H. Helmholtz,** Über d. Erhaltung der Kraft. (1847.) (60 S.) ℳ —.80.

» 2. **C. F. Gauss,** Allg. Lehrsätze in Beziehung auf d. im verkehrten Verhältnisse des Quadrats der Entfernung wirkenden Anziehungs- und Abstossungskräfte. (1840.) Herausg. v. A. Wangerin. (60 S.) ℳ —.80.

» 7. **F. W. Bessel,** Länge d. einfachen Secundenpendels. (1826.) Herausg. von H. Bruns. Mit 2 Taf. (171 S.) ℳ 3.—.

» 10. **F. Neumann,** D. mathem. Gesetze d. inducirten elektrischen Ströme. (1845.) Herausg. v. C. Neumann. (96 S.) ℳ 1.50.

» 11. **Galileo Galilei,** Unterredungen u. mathem. Demonstrationen üb. zwei neue Wissenszweige etc. (1638.) 1. Tag m. 13 u. 2. Tag m. 26 Fig. im Text. Aus d. Italien. übers. u. herausg. v. A. v. Oettingen. (142 S.) ℳ 3.—.

» 12. **I. Kant,** Theorie d. Himmels. (1755.) Herausg. v. H. Ebert. (101 S.) ℳ 1.50.

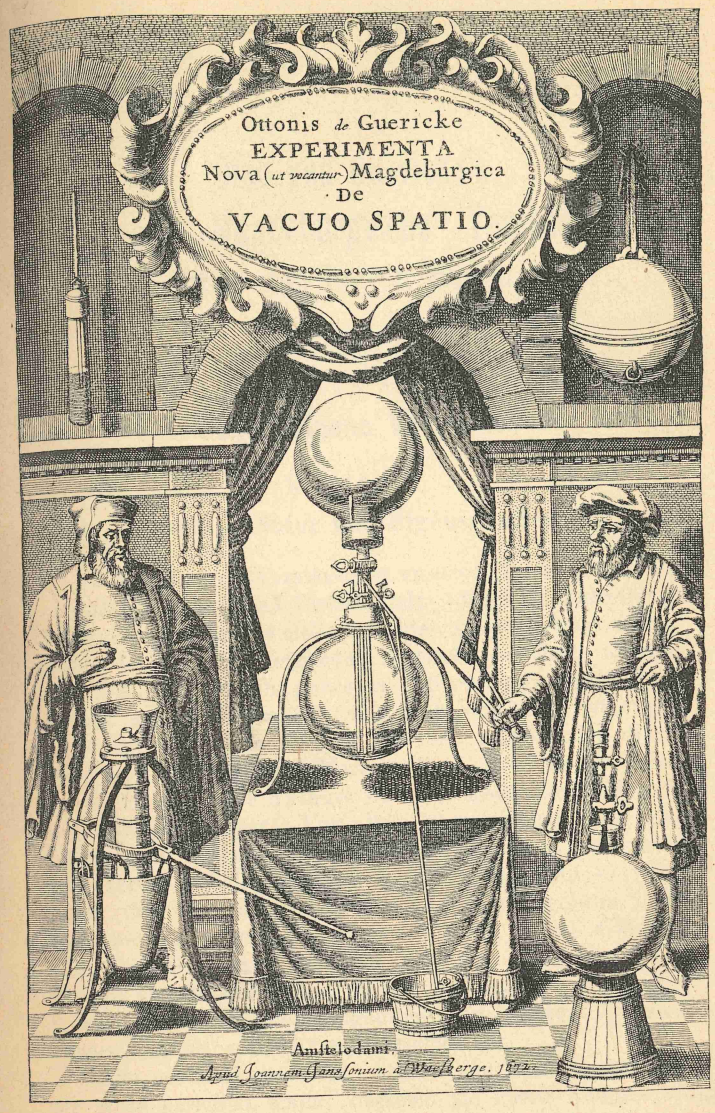
» 13. **Coulomb,** 4 Abhandlungen über d. Elektricität u. d. Magnetismus. (1785–1786.) Übers. u. herausg. v. W. König. Mit 14 Textfig. (88 S.) ℳ 1.80.

» 20. **Chr. Huyghens,** Abhandlung üb. d. Licht. (1678.) Herausg. von E. Lommel. Mit 57 Textfig. (115 S.) ℳ 2.40.

» 21. **W. Hittorf,** Über d. Wanderungen der Ionen während der Elektrolyse. (1853—1859.) I. Hälfte. Mit 1 Taf. Herausg. v. W. Ostwald. (87 S.) ℳ 1.60.

» 23. —— —— II. Hälfte. Mit 1 Taf. Herausg. v. W. Ostwald. (142 S.) ℳ 1.50.

Fortsetzung auf der dritten Seite des Umschlages.


Ottonis de Guericke
EXPERIMENTA
Nova (ut vocantur) Magdeburgica
De
VACUO SPATIO.
Amstelodami,
Apud Joannem Janssonium à Waesberge. 1672.

Otto von Guericke's neue „Magdeburgische“ Versuche über den leeren Raum.

Drittes Buch.

Ueber eigene Versuche.

Kapitel I.

Ueber Ursprung, Natur und Eigenschaften der Luft.

Zum besseren Verständniss unserer Versuche schicken wir gewisse neue und feststehende, die Luft betreffende Thatsachen voraus, welche wir hier zwar vorwegnehmen, indess in den nachfolgenden Kapiteln erweisen werden.

Was die Luft sei.

Die Luft ist ein gewisses, körperliches Etwas, das sowohl aus dem Wasser, als auch aus der Erde und anderen materiellen Dingen in den umgebenden Raum ausströmt. Mit anderen Worten, die Luft ist nichts weiter als der Dunst oder Ausfluss der Gewässer, des Erdreichs und anderer Körper. Vor allem aber entsteht sie, wenn Wasser oder eine sonstige Flüssigkeit gestossen, geschüttelt oder zerstäubt wird [wie wir ja auch wahrnehmen, dass durch den Fall des Wassers Wind und Orgeltöne [1]) erregt werden können]. Ferner strömt, wenn Gährung oder Fäulniss eines feuchten Körpers stattfindet, eine Menge Dunst aus, der nichts anderes als Luft ist; deshalb kann sie nicht eigentlich ein Element genannt werden, da sie vielmehr ein Ausfluss ist.

Die Luft ist kein Element.

Die gewöhnliche Luft, welche aus dem Wasser und der Erde herrührt, kann, obgleich sie nichts anderes als der Dunst der Erde ist, dennoch durch den Geruchssinn

Die Luft kann durch den Geruchssinn nicht wahrgenommen werden.

von uns nicht wahrgenommen werden, da wir von unserem ersten Augenblicke, seit Beginn unseres Lebens nicht nur an sie gewöhnt sind, sondern auch in ihr leben. Was sich dagegen von riechenden Körpern der Luft beimischt, nehmen wir wahr, und zwar in verschiedener Weise, je nach der Beschaffenheit der Dinge und unserer Natur.

Die Luft ist ein körperliches Etwas.

Jede Luftart ist zwar etwas Körperliches, indess sehr dünn und im stande, sich auszudehnen und auszubreiten.

Die Luft lässt sich nicht in Wasser überführen.

Die gesammte Luft, welche die Erde umgiebt, ist eine Sphäre von materieller Beschaffenheit, wie die Erde selbst, d. h. ein körperlicher Ausfluss umgiebt die Erdkugel, in welchem zugleich alle Geschöpfe, die sie bevölkern, erhalten werden.

Was immer an Luft oder Gasen aus dem Wasser oder anderen Dingen einmal entstanden ist, wird niemals wieder Wasser, sondern bleibt Luft. Wenn auch Feuchtigkeit durch die Wärme der Sonne oder des Feuers in dieser unteren Luftschicht verflüchtigt und durch Verdichtung wieder in den flüssigen Zustand zurückgeführt wird, lässt sich die Luft dagegen nicht in Wasser umwandeln. Dies geht deutlich sowohl aus dem Experiment des folgenden zweiten Kapitels und anderen Versuchen hervor, als auch daraus, dass in strenger Winterszeit die Luft von Fünkchen, gleichsam Atomen glitzert, was von dem in der Luft vertheilten, schwebenden Wasser herrührt, welches nämlich gefriert und von der Luft ausgeschieden wird, wogegen letztere selbst niemals fest wird.

Die Wärme dehnt die Luft aus.

Entsprechend der grösseren oder geringeren Wärme dehnt die Luft sich mehr oder weniger aus. In Folge dessen nimmt warme Luft einen grösseren Raum ein und umgekehrt. Wenn die Philosophen diese Veränderung gewöhnlich eine Verfeinerung nennen, so trifft dies nicht das Wesen der Sache. Die Luft wird nämlich nicht in der Weise ausgedehnt, dass sie etwa an sich lockerer, feiner und geeignet würde, feste Körper zu durchdringen; sie nimmt vielmehr einen grösseren Raum in Anspruch. Mit dem Verschwinden der Wärme zieht sie sich daher wieder zusammen und nimmt einen geringeren Raum ein. Die Luft wird also nicht vermehrt oder vermindert,

sondern sie nimmt mehr oder weniger Wärme auf oder giebt selbe ab, nämlich wenn sie kälter wird.

Die Luft wird durch Kälte verdichtet.

Wie die Luft aber durch die Wärme ausgedehnt wird, so wird sie durch die grössere oder geringere Abgabe von Wärme, d. h. durch Abkühlung verdichtet und nimmt in Folge dessen weniger Raum ein. Ausserdem hat die Luft die Eigenschaft, dass sie durch heftigen Druck mehr und mehr verdichtet und durch Gewährung eines grösseren Raumes ausgedehnt werden kann, wie man aus den Versuchen ersehen wird. [Wir sehen dies z. B. an fortgeblasenen Kügelchen und an Springbrunnen, welche durch den Druck der Luft das Wasser in die Höhe treiben. Bei diesen wird nämlich mit Hülfe einer Röhre so viel Luft, wie ohne die Gefahr des Zerspringens möglich ist, mit Gewalt hineingetrieben. Darauf schleudert die zusammengepresste Luft, wenn der Springbrunnen geöffnet wird, das vorher hineingegossene Wasser mit grosser Kraft in die Höhe.]

Die Luft lässt sich zusammendrücken.

Die Verdichtung und Verdünnung der Luft hat ihre Grenzen.

Wie nun alles sein bestimmtes Maass hat, so hat auch die Verdichtung und Verdünnung der Luft ihre Grenzen, über welche hinaus die Zusammenpressung und die Ausdehnung nicht getrieben werden kann. So lässt sich die Luft in einem genügend festen, aus Metall verfertigten Gefässe durch öfter wiederholtes Zusammendrücken derartig verdichten, dass endlich ein dem Wasser ähnlicher Körper entsteht[2]). Andererseits dehnt sich eine sehr kleine Luftblase von Nadelknopfgrösse in einem leeren Gefässe hundertfach aus, sodass sie zuletzt in nichts verschwindet.

Die Luft besitzt Gewicht und drückt sich selbst.

Die Luft, welche die Erde umgiebt, drückt, weil sie ein körperliches Ding ist und eine gewisse Schwere besitzt, sich selbst, so zwar, dass der Druck nach unten zunimmt. Es folgt daraus, dass die tiefste Luftschicht, welche uns umgiebt, viel dichter ist als die oberen. Was aber dichter ist, enthält mehr Masse, und was mehr Masse enthält, ist schwerer. Wir haben daher mehr Luft und zwar von grösserer Schwere hier an der Oberfläche der Erde als auf Thürmen oder Bergen. Je höher sich nämlich die Luft befindet, um so leichter und dünner ist sie.

Die Atmosphäre kann also unserer Ansicht nach in Stufen oder Regionen eingetheilt werden, innerhalb deren

jede Art von Wolken, ob schwer ob leicht, ihre bestimmte Höhe innehält, in welcher sie das gleiche Gewicht wie die umgebende Luft besitzen. Wäre hingegen die Luft durchweg in demselben Maasse zusammengedrückt, so besässe sie überall sowohl in den oberen als in den unteren Regionen das gleiche Gewicht. Die Wolken könnten daher nicht in verschiedenen Höhen sich befinden, sondern, wie im Wasser ein Gegenstand entweder auf den Grund sinkt oder schwimmt, so würden sie auch entweder zur Erde herabkommen oder zur äussersten Grenze der Luft emporsteigen.

Die Luft drückt alles.

In Folge ihres Gewichtes drückt die Luft nicht nur sich selbst, sondern auch alle auf dem Boden des Luftmeeres befindlichen Dinge und zwar fast immer in demselben Maasse. Dies wird zwar von uns Menschen nicht bemerkt, weil wir in der Luft selbst leben, welche uns von allen Seiten gleichmässig und sich das Gleichgewicht haltend umgiebt und zugleich durchdringt. Wie nämlich die Fische im Wasser keinen Druck verspüren, so fühlen umsoweniger die Geschöpfe in der Luft einen solchen.

Der Luftdruck ist gleich dem einer 20 Ellen hohen Wassersäule.

Das Gewicht der Luft an der Erdoberfläche ist gleich dem einer etwa 20 Magdeburger Ellen hohen Wassersäule. In dem Maasse wie also das Wasser, wenn es 20 Ellen hoch über der Erde stände, alles am Boden Befindliche drücken würde, übt die Luft einen Druck aus.

Die Luft hat aber nicht immer ein und dasselbe Gewicht, sondern wenn Regen fällt, wird sie leichter.

Wenn die Luft kein Gewicht besässe, würde sie davonfliegen und die Erde in Folge der jährlichen Bewegung derselben verlassen. [Was aber die Schwere selbst eigentlich sei, werden wir im 4. Buch Kap. 3, das von der erhaltenden Kraft handelt, auseinandersetzen.]

Die unteren Luftschichten enthalten immer Feuchtigkeit.

In ihren unteren Schichten wohnt der Luft immer etwas Wasserdampf inne, bald mehr, bald weniger, je nach der Beschaffenheit des Wetters.

Die Luft übt auch auf die Gewässer einen Druck aus, aber nicht in dem Maasse, dass sie in dieselben eindringt, da sie ja leichter ist.

Die Thätigkeit der Luft.

Die Luft verändert die Körper und ist im Stande Wärme sowie Kälte fortzuführen; sie ist nämlich geeignet, alles in sich aufzunehmen, das Licht sowohl als den

Schall und den Geruch, auch Feuchtigkeit, Dämpfe u. s. w. Wunderbares verrichtet sie in beseelten und leblosen Wesen; die Geschöpfe nämlich umgiebt, beschützt, befeuchtet und erfrischt sie durch ihre Bewegung. Um ihr Wohlbefinden herbeizuführen, dringt sie in dieselben ein, und erhält in Folge dessen das Leben, indem sie das Athmen ermöglicht.

Das Emporsteigen der Flamme rührt vom Luftdruck her.

Das Emporsteigen der Flamme, der Dämpfe und des Rauches rührt nicht von einer denselben eigenen oder innewohnenden Leichtigkeit her, sondern es ist der Druck der umgebenden Luft, durch welchen die Flamme, der Rauch und der Dampf [weil sie wärmere und folglich leichtere oder vielmehr ausgedehnte Luft sind] emporgehoben werden, in gleicher Weise wie im Wasser eine Blase emporsteigt. Wenn es daher keine Luft gäbe, so fände auch kein Aufsteigen der Dämpfe statt.

Die atmosphärische Luft erfüllt jeden leeren Raum.

Ein Raum innerhalb der Atmosphäre, den ein Körper verlässt, weist niemals ein Vacuum auf, sondern wird von der Luft ausgefüllt; in gleicher Weise wie der Raum im Wasser, den ein Fisch einnimmt, sowie derselbe seinen Ort verändert, wieder vom Wasser erfüllt wird.

Kapitel II.

Erster Versuch, das Vacuum durch Ausziehen von Wasser herzustellen.

Als ich Betrachtungen über die Unermesslichkeit des Raumes [von welcher im I. Kapitel des vorhergehenden Buches die Rede war] und darüber, dass derselbe durchaus überall vorhanden sein müsse, anstellte, dachte ich mir folgenden Versuch aus.

Ein Wein- oder Bierfass werde mit Wasser gefüllt und von allen Seiten wohl verstopft, so dass die äussere Luft nicht eindringen kann. Am unteren Theil des Fasses werde eine Röhre aus Metall angebracht, mit deren Hülfe man das Wasser herausziehen kann; das Wasser muss dann vermöge seiner Schwere herabsinken und wird über sich im Fasse einen, von Luft [und in Folge dessen von jedem Körper] leeren Raum zurücklassen.

Damit nun der Erfolg dieser Ueberlegung entspräche, richtete ich mir eine Messingspritze *a b c* her (Icon. V., Fig. 1), wie man sie bei Bränden benutzt, mit einem Stempel *c* oder *f* und einem Kolben *g*, der genau gearbeitet war [sodass die Luft keinen Platz fand, zu den Seiten desselben ein- oder auszutreten]. An der Spritze wurden ferner zwei Ventile aus Leder angebracht, von welchen das innere *a* oder *d* im Deckel der Spritze den Eintritt des Wassers, das äussere *b* den Abfluss vermitteln sollte. Nach Befestigung der Spritze [vermittelst des eisernen mit vier Bändern versehenen Ringes *e*] am unteren Theil des Fasses *a*, versuchte ich, das Wasser herauszuziehen. Zuerst rissen aber die Bänder und die eisernen Schrauben, vermittelst deren nämlich die Spritze an dem Fasse befestigt war, eher, als dass das Wasser dem Kolben gefolgt wäre.

Das Bemühen war aber keineswegs aussichtslos. Nachdem Abhülfe durch Anbringung stärkerer Schrauben getroffen war, vermochten endlich drei starke Männer, welche an dem Stempel der Spritze zogen, das nachfolgende Wasser durch das obere Ventil *b* herauszuschaffen.

Die Luft durchdringt das Holz.

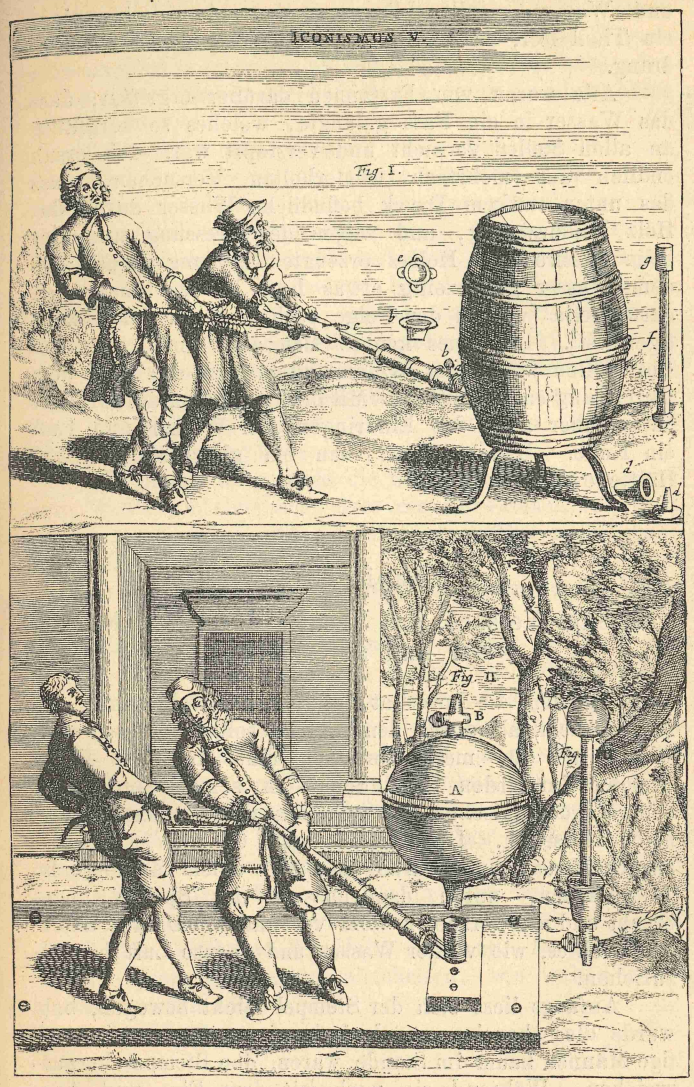
Dabei wurde aber in allen Theilen des Fasses ein Geräusch gehört, als wenn das Wasser heftig koche, und dies dauerte so lange, bis das Fass an Stelle des herausgezogenen Wassers mit Luft gefüllt war.

Diesem Uebelstand musste daher durch irgend ein Mittel abgeholfen werden. Es wurde deshalb ein kleineres Fass beschafft und innerhalb des grösseren angebracht. Nachdem dann das Rohr einer längeren Spritze durch die Bohlen der beiden Fässer geführt war, liess ich jenes kleinere Fass mit Wasser füllen, die Oeffnung desselben dichten und, nachdem auch das grössere Fass mit Wasser gefüllt war, die Arbeit von neuem beginnen. Jetzt gelang es, aus dem kleineren Fass das Wasser herauszuschaffen, an dessen Stelle ohne Zweifel ein leerer Raum zurückblieb.

Das Wasser dringt durch das Holz.

Als aber nach Ablauf des Tages mit der Arbeit aufgehört wurde und alles ringsum ruhig geworden war, vernahm man einen wechselnden, von Zeit zu Zeit unterbrochenen Ton, ähnlich dem eines leise zwitschernden Singvogels. Dieses dauerte fast drei volle Tage.

Als darauf die Mündung des kleineren Fasses geöffnet



wurde, fand man dasselbe zum grossen Theil mit Luft und Wasser gefüllt. Es war aber nichtsdestoweniger ein Theil leer, da während des Oeffnens etwas Luft eindrang.

Durch die Reibung des Wassers entsteht etwas Luft.

Alle waren von Erstaunen darüber ergriffen, dass das Wasser in ein Fass gelangte, welches so sorgfältig an allen Stellen verpicht und verstopft war. Ich ersah endlich aus mehrfach wiederholten Versuchen, dass das unter starkem Druck befindliche Wasser durch das Holz hindurchging, und wegen der Pressung und der beim Passiren des Holzes erzeugten Reibung immer aus dem Wasser gleichzeitig etwas Luft in dem Fasse sich entwickelte [was in der Folge auch wohl zu berücksichtigen ist]. Das Fass konnte sich aber nicht ganz mit Luft füllen wegen des Widerstandes, den das Holz dem Durchgang entgegensetzte. Mit dem Aufhören des Druckes hatte daher auch das Eindringen von Wasser und Luft ein Ende. Daher erhielt man ein gleichsam nur zur Hälfte evacuirtes Fass.

Kapitel III.

Zweiter Versuch, das Vacuum durch Ausziehen der Luft zu erhalten.

Nachdem die Porosität des Holzes sowohl durch den Augenschein, als durch den Versuch selbst erwiesen war, schien mir für mein Vorhaben eine kupferne Kugel [welche Ehrwürden Pater Schott in seinem Buch über den Magdeburgischen Versuch »cacabus« nennt] geeigneter zu sein[3]). Dieselbe *A* fasste 60 bis 70 Magdeburger Maasse und wurde oben mit einem Messinghahn *B* versehen, unten dagegen an der Spritze angebracht und mit derselben wohl verbunden. Darauf unternahm ich es, wie vorher Wasser und ebenso Luft herauszuziehen.

Icon. V. Fig. II.

Anfangs liess sich der Stempel leicht bewegen, bald wurde dies aber immer schwieriger, so dass zwei kräftige Männer kaum im Stande waren, den Stempel herauszuziehen. Während sie noch mit dem Ein- und Ausziehen desselben beschäftigt waren und schon glaubten,

es sei nahezu alle Luft herausgeschafft, wurde die Metallkugel plötzlich mit lautem Knall und zu aller Schrecken so zerdrückt, wie man ein Tuch zwischen den Fingern zusammenballt, oder als ob die Kugel von der äussersten Spitze eines Turmes mit heftigem Aufprall herabgeworfen worden wäre.

Die kupferne Kugel wurde von der äusseren Luft zusammengedrückt.

Ich schrieb die Ursache einer Unachtsamkeit des Handwerkers zu, der die Kugel vielleicht nicht genau zirkelrund gearbeitet hatte. Die flache Stelle, wo sie sich nun auch befunden haben mag, konnte den Druck der umgebenden Luft nicht aushalten, während dies dagegen eine genau gearbeitete Kugel der Uebereinstimmung der Theile halber, welche sich gegenseitig beim Widerstandleisten unterstützen, leicht vermocht hätte.

Eine vollkommen runde Kugel wird nicht zusammengedrückt.

Es war also durchaus nöthig, dass der Metallarbeiter eine vollkommen runde Kugel herstellte, aus der die Luft ebenfalls im Beginne leicht, gegen das Ende mit Mühe herausgepumpt wurde.

Als Beweis aber, dass die Kugel vollständig evacuirt sei, diente der Umstand, dass ein Entweichen von Luft aus dem oberen Ventil der Spritze endlich nicht mehr stattfand.

So wurde also zum zweiten Male ein leerer Raum erhalten.

Die Luft dringt sehr leicht ein.

Nach Oeffnung des Hahnes *B* drang die Luft mit solcher Kraft in die kupferne Kugel, als wollte dieselbe einen davorstehenden Menschen gleichsam an sich reissen. Brachte man das Gesicht in ziemliche Entfernung, so wurde einem der Athem benommen, ja man konnte die Hand nicht über den Hahn halten, ohne sich der Gefahr auszusetzen, dass sie mit Heftigkeit herangezogen wurde.

Obgleich die Kugel völlig entleert zu sein schien, zeigte doch die Erfahrung, dass sie, ein bis zwei Tage in diesem Zustand belassen, sich wieder mit Luft füllte, welche sowohl neben dem Kolben der Spritze als auch durch das Ventil und den Hahn eindrang. Es galt daher noch, diesem Uebelstand abzuhelfen, wie weiter unten gezeigt werden soll.

Kapitel IV.

Einrichtung einer besonderen, zur Herstellung des Vacuums dienenden Maschine.

Da die Luft als ein ausserordentlich feiner Körper alle Oeffnungen und Zwischenräume, so klein sie auch sein mögen, unglaublich schnell durchdringt und ausfüllt, und immer etwas Luft zu den Seiten des Kolbens sowohl als der Ventile unvermerkt hindurchgeht; da es ferner nicht möglich ist, Stempel und Ventil so vollkommen herzustellen, dass sie jedem Eindringen der Luft widerstehen, baute ich mehrere Maschinen [so traf ich die Einrichtung, dass die Luftpumpe sowohl unten als oben mit Wasser umgeben werden konnte], welche Ehrwürden Pater Caspar Schott zum ersten Mal in seiner »Ars Hydraulico-pneumatica«, und darauf im ersten Buch seiner »Technica curiosa« welches »von den Magdeburgischen Wunderdingen« betitelt ist, beschrieb[4]).

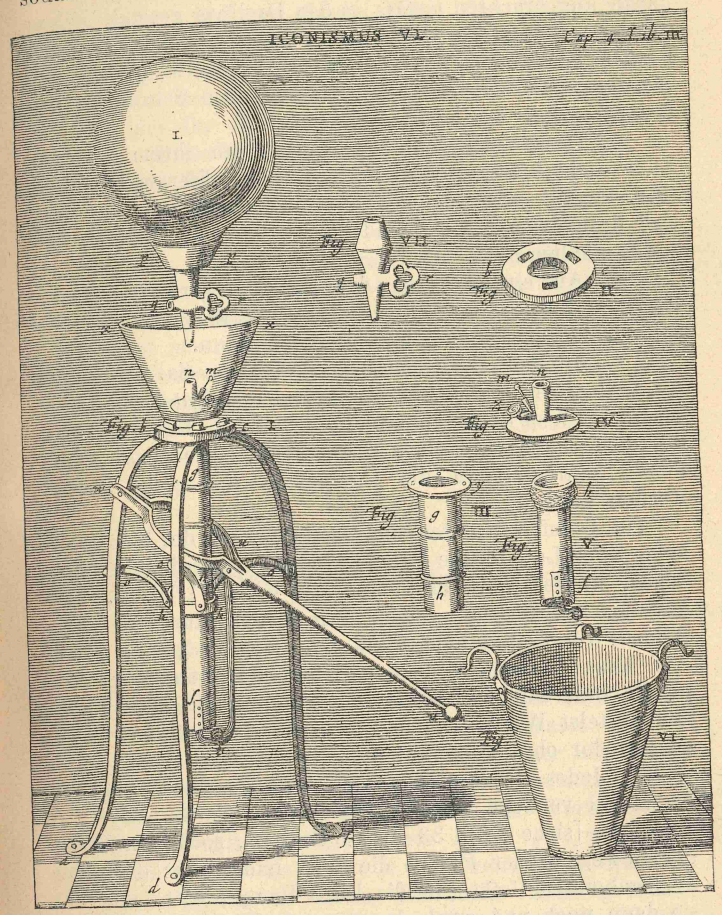
Da aber diese Maschinen schwer zu transportiren waren und mein allergnädigster, mächtigster Herr, der Kurfürst von Brandenburg, mein wohlwollender Gebieter, gütigst den Versuch zu sehen wünschte [welchen der obenerwähnte Pater Schott den Magdeburgischen genannt hat], so habe ich die nachstehend beschriebene Maschine hergerichtet.

1. Man lasse einen eisernen Dreifuss *a b c d f* (Icon. VI, Fig. 1 u. 2) von etwa 2 Ellen Höhe schmieden, dessen Füsse oben an einem eisernen Ringe *b c*, unten aber an dem Pflaster vermittelst der eisernen Schrauben *a f d* zu befestigen sind.

2. Als Luftpumpe *g h* (Fig. 3) benutze man eine Messingspritze, wie sie im 2. Kapitel beschrieben wurde, und zwar sei dieselbe oben von einem Bleiringe *y* umgeben.

3. An diesem oberen Theil *y* werde ein Messingdeckel *m n* (Fig. 4), versehen mit einer Röhre *n* [in welche die leer zu pumpenden Gefässe mit ihren Hähnen hineingesteckt werden können], mittelst dreier Schrauben befestigt. Vorher werde aber ein lederner Ring dazwischen gelegt.

4. Dieser Deckel sei auf seiner inneren oder unteren Seite in der Mitte mit einem Lederventil versehen [wie es auch in Iconimus V, Figur 1 *d* dargestellt wurde], sodass der Kolben *h* mit seinem Stempel *f* beim Herab-



drücken die Luft oder das Wasser aus den zu entleerenden Gefässen in die Pumpe *g h* ziehen und beim Emporheben durch das äussere Ventil *z* (Fig. 4) herausbefördern kann.

5. An dem aus Blei hergestellten Rande der Luftpumpe werde ein kupfernes Gefäss *x x* (Fig. 1) zum Eingiessen von Wasser angebracht.

6. Die Pumpe *y g h* (Fig. 3) wird zugleich mit diesem daran angebrachten Gefäss in den Dreifuss gesetzt, indem man sie durch die Oeffnung *e* des erwähnten eisernen Ringes *b c* (Fig. 2) steckt und sie dann an jenem aus Blei hergestellten Rand mit drei eisernen Schrauben befestigt.

7. Damit sich nun die Pumpe an ihrem unteren Ende nicht bewege, wird auch dort ein eiserner Ring *k k* (Fig. 1) mit ebensolchen Schrauben befestigt, an dem sich drei Arme *o o o* befinden, welche den Dreifuss zusammenhalten.

8. An einem Fusse des Gestells wird in *w* ein eiserner Hebel *w u u* (Fig. 1) angebracht, der um den Stift *w* gehoben und gesenkt werden kann.

9. Mit dem Hebel endlich wird eine eiserne Stange *u t* verbunden, welche in *t* mit dem erwähnten hölzernen Stempel *f h* (Fig. 5) in Verbindung steht. Letzterer wird mit dem massiven Kolben *h* versehen, sodass mit Hülfe dieser Einrichtungen die Pumpe in Bewegung gesetzt werden kann.

10. Damit von unten und zu den Seiten des Kolbens *h* keine Spur Luft in die Pumpe eindringe, werde ein längliches, kupfernes Gefäss, eine Art Kessel (Fig. 6), hergestellt, welches mit seinen drei Haken an jenen drei Armen *o o o* aufgehängt und mit Wasser gefüllt wird. Auf diese Weise lässt sich die untere Oeffnung der Luftpumpe innerhalb *k k* sowie der Stempel und alles Zubehör mittelst Wasser immer dicht halten und bewirken, dass weder oben noch unten Luft eintritt.

Das Herausziehen der Luft geschieht vermöge deren Expansivkraft.

11. Jedes Herausziehen der Luft geschieht aber in der Regel vermöge der Expansiv- oder elastischen Kraft derselben [siehe Kap. 33 dieses Buches], sodass in Folge der Bewegung der Pumpe die Luft immer aus dem leer zu machenden Gefäss in die leere Pumpe tritt, aus der sie dann nach und nach herausgeschafft wird. Schliesslich wird aber jene geringe Menge Luft, welche in dem zu entleerenden Gefässe bleibt, keine hinreichende Elasticität mehr besitzen, um das Leder der Ventile [welche meist mit Federn aus Metall versehen sind, damit sie

stets gut schliessen] zu öffnen. Aus diesem Grunde kann man im Deckel *z m n* der Pumpe zwischen dem Ventil *z* und dem Rohr *n* ein Röhrchen anbringen, das mit Stempel und Kolben sowie mit einer Hervorragung versehen ist, und mit dessen Hülfe das innere Ventil kunstvoll geöffnet und geschlossen werden kann. In Folge dessen kann jene Spur Luft, von der man annimmt, dass sie zurückbleibe, zuletzt ohne Schwierigkeit vermöge der ihr eigenen Schwere in die Pumpe hinab gelangen. Diese Einrichtung ist aber überflüssig und sei nur, um den Wissbegierigen zu genügen, erwähnt.

Wie vermittelst eines besonderen Röhrchens die letzte Spur Luft herausgezogen werden kann.

Aus der Beschreibung dieser Maschine geht deutlich hervor, dass mit Hülfe derselben ein Vacuum geschaffen und jene Schwierigkeit, die sonst für unüberwindlich galt, gelöst werden kann. Wenn nämlich der Hebel *w u u* gehoben wird, so berührt der Stempel *f h* den Deckel *m n*, und die Pumpe ist von ihrem Stempel ausgefüllt; wird nun derselbe herabgedrückt, so entsteht im Innern der Pumpe ein leerer Raum. In diesem verbreitet sich die Luft des angewandten Gefässes, wodurch dasselbe schliesslich leer gemacht wird.

Wird der Stempel herabgedrückt, so entsteht im Innern der Pumpe ein Vacuum.

Kapitel V.

Ueber einen dritten Versuch, das Vacuum zu zeigen.

Siehe Bild VI.

Zum ferneren Nachweis des Vacuums nahm ich ein mit dem Buchstaben *L* bezeichnetes Glasgefäss, dessen sich die Arzneihändler bedienen [gewöhnlich $^1/_4$ oder $^1/_2$ Recipient, zu Deutsch eine viertel oder auch halbe Vorlage genannt]. An dem Halse dieses Gefässes brachte ich an Stelle der Verlöthung vermittelst einer klebenden Substanz, welche die Goldarbeiter Kitt nennen, eine Messingkapsel an. Dieselbe hatte die Form eines Kastens *p p* und war mit einem Hahn *q r* versehen, (Icon. VI.), der in die Röhre *n* des Deckels hineinpasste.

Damit ferner in dieses Glasgefäss auch grössere Gegenstände, wie Vögel, Fische, Mäuse, sowie Uhren, Glocken, Kerzen u. s. w. hineingebracht werden könnten, richtete ich diesen Hahn *q r* zum Herausnehmen ein, so dass er in die Kapsel *p p* gut schliessend eingesetzt und herausgezogen werden konnte. (Fig. 7.)

Nachdem dieses Glasgefäss L oder ein solches von geringerer Grösse an der Röhre des Deckels $m\,n$ angebracht und der Hahn q geöffnet war, liess ich die Luft herauspumpen. Als darauf keine Luft mehr durch die Bewegung des Stempels herausgeschafft werden konnte, und der Hahn geschlossen, sowie das Gefäss abgenommen war, tauchte ich den Hahn unter Wasser und öffnete ihn. Da sah ich, wie das Wasser mit grosser Heftigkeit und einer Bewegung, als ob es koche oder vielmehr wie eine Quelle, die heftig aus der Erde hervorbricht, in das Glas stürzte, sodass es letzteres allmählig bis obenhin erfüllte. Es blieb nur ein Raum so gross wie eine Haselnuss leer, von dem ich annahm, dass er mit Luft gefüllt sei, was sich auch nachher bestätigte.

Das Wasser stürzt mit grosser Heftigkeit in das Gefäss und füllt es an.

Ich kam alsbald auf den Gedanken, dass ja der Hals des Hahnes von seiner Mündung bis zu seinem Schlüssel [während ich das Gefäss abnahm und zu dem Wasser, in welches es eingetaucht werden sollte, brachte] wieder mit Luft gefüllt werde und daher jener Hohlraum von dem Umfang einer Haselnuss vielleicht von dieser Luft herrühre. Ich hielt es daher für nöthig, die Entleerung des Gefässes zu wiederholen, den Hals des Hahnes aber vor dem Eintauchen mit Wasser zu füllen. Als ich so verfuhr, wurde das Gefäss in dem Maasse gefüllt, dass nur ein Raum von der Grösse einer Erbse ohne Wasser blieb; indess trotz öfterer Wiederholung des Versuchs konnte ich es nie dahin bringen, dass überhaupt alle Luft ausgeschlossen wurde.

Das Wasser füllt das Gefäss fast ganz.

Da ich aber sah, dass immer beim Eindringen des Wassers Schaum und viele Blasen aufstiegen, so liess sich daraus leicht entnehmen, dass jene Blasen diesen Raum erfüllten. Woher jene aber rührten, war nicht zu erkennen.

Durch die Reibung und Bewegung des Wassers entstehen Blasen.

Obgleich ich nämlich den ganzen Hahn mit dem daran befestigten Kasten $p\,p$ bis zum Glase in das Wasser tauchte, wurde dennoch beim Eindringen des Wassers immer ein derartiger Schaum und Blasen erregt; und wenn auch während des Aufsteigens ihre Menge hundertmal grösser zu sein schien, als dem nach Beendigung des Vorgangs zurückbleibenden Bläschen entsprach, so war es doch immer etwas Luft, die zurückblieb.

Kapitel VI.

Vierter Versuch, das Vacuum zu erhalten, nämlich durch Herausziehen von Wasser aus einem Glasgefäss.

Da bei dem erwähnten Verfahren immer etwas Luft über dem Wasser in dem Gefässe zurückblieb [obschon es nicht einmal der tausendste Theil des entleerten Gefässes war], habe ich eine andere Methode ausgedacht. Ich nahm ein Glasgefäss, welches an einem Ende eine Kugel, am anderen einen Hals oder eine lange Röhre hatte [damit nämlich das Wasser in Folge seiner Schwere um so besser aus der Kugel herabstiege], zur Hand. An diesem liess ich in der oben beschriebenen Weise eine mit einem Hahn versehene Blechkapsel befestigen, wie aus der Figur zu ersehen ist. Ich füllte das ganze Gefäss bis zur Mündung des Hahns mit Wasser und verband es mit der Röhre $n\,m$ der Maschine (Icon. VI). Als letztere in Bewegung gesetzt wurde, sah ich zwar das Wasser in die Pumpe herabsinken, aber alsbald eine ziemlich grosse Blase durch den Hals des Gefässes emporsteigen. Ich bemerkte, dass dieselbe aus etwas Luft bestand, welche in dem Schlüssel des Hahns verborgen war [gewöhnlich werden nämlich die Schlüssel der Hähne hohl und im Innern an Stelle des Metalls mit Kies oder Sand gefüllt gegossen]. Es war deshalb erforderlich, einen Hahn herzustellen, dessen Schlüssel voll aus Messing gegossen und danach durchbohrt war.

(Siehe Icon. V. Fig. III auf S. 13.)

Die Schlüssel der Hähne müssen abgeändert werden.

Als ich nun den Versuch wiederholte, trat keine derartige Blase auf, dennoch entstanden theils aus dem Klebstoff [mit dem die erwähnte Kapsel an dem Glase befestigt war], theils auch in oder aus dem Wasser selbst einige kleine Blasen. Zwar entwickelten sich, als der Versuch während der folgenden Tage mehrfach wiederholt wurde, aus dem Leim keine Bläschen mehr, dennoch liess es sich auf keine Weise verhindern, dass in dem Wasser selbst einige auftraten.

Aus dem Klebstoff steigen gleichfalls Blasen empor.

Als ich darauf das Gefäss von der Maschine nahm, und es wieder in einen mit Wasser gefüllten Topf hinreichend tief [nämlich bis über den Schlüssel des Hahns] eintauchte und öffnete, erhielt ich dasselbe Resultat: Das Wasser

Durch die Reibung des Wassers wird der Ausfluss desselben, welcher aus Luft besteht, erzeugt.

trat mit Geräusch ein. Gleichzeitig bildeten sich viele Bläschen, wie es auch im vorhergehenden Kapitel beim Herauspumpen der Luft geschehen war. Auch wurde das Gefäss in derselben Weise und fast noch vollständiger mit Wasser gefüllt; nichts destoweniger hinterblieb ein wenig Luft. Wenn dieselbe auch nicht mit den emporsteigenden Blasen verglichen werden konnte [denn von diesen waren hundert oder mehr beim Eindringen des Wassers aufgetreten, zuletzt schienen aber nur vier oder fünf zu bleiben], gaben sie dennoch denjenigen Gelegenheit zum Widerspruch, welche in Abrede stellten, dass das Gefäss ein Vacuum enthalten habe.

Im Vacuum nehmen die Blasen an Grösse zu.

Indessen waren diese Bemühungen nicht vergebens, denn die Erfahrung lehrte, dass jene Bläschen unsichtbar im Wasser verborgen waren, in den leeren Raum gelangend aber hundertmal grösser wurden als vorher. Dass ferner viele Blasen im Wasser in Folge der heftigen Pressung und Reibung desselben, welche im Schlüssel und Halse des Hahnes statthat, sich bilden. Drittens, dass auch durch die Bewegung und das Eindringen des Wassers viele Blasen in demselben entstehen, welche in der Ruhe nicht vorhanden sind und, wenn man sie auch hervorriefe, nur im Vacuum wahrgenommen werden könnten, wo sie sehr vergrössert und in Folge dessen sichtbar werden.

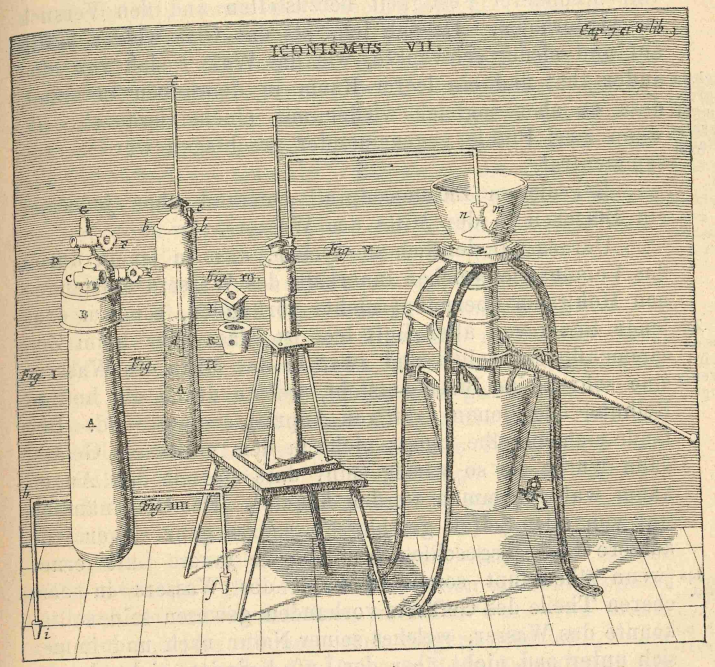
Kapitel VII.

Ein genaueres Verfahren, das Vacuum herzustellen.

Nachdem obiges durch den Versuch festgestellt und hinreichend erklärt war, liess ich ein anderes längliches (Icon. VII, Fig. 1.) Glasgefäss A herstellen, das an einem Ende hermetisch geschlossen, eine Magdeburger Elle lang und fast so dick wie der Arm eines Menschen war. Dasselbe wurde am anderen offenen Ende nicht nur wie bisher mit dem Blechdeckel B und dem daran befindlichen Hahn C versehen, Es ist erforderlich, dass die Hähne von Wasser umgeben sind (Fig. 5). sondern ich liess letzteren ausserdem noch mit einem zweiten Deckel D, an welchem sich zwei Hähne E und F befanden, bedecken. [Der Hahn E war seitlich angebracht, sodass er den innern Hahn C zu bewegen vermochte, der andere, F, hatte den Zweck, die Verbindung

mit der Röhre n der Luftpumpe zu bewerkstelligen.] Darauf füllte ich nicht nur das Glasgefäss A, sondern auch die Kapsel D bis zum Rande G mit Wasser und legte, nachdem die Hähne geschlossen waren, den Apparat ein paar Tage bei Seite. Als ich ihn danach wieder aufrecht hinstellte, sah ich eine Luftblase aufsteigen, welche, wie ich erkannte, in Folge des Eingiessens im Wasser selbst entstanden und nach Verlauf einiger Zeit

Im Wasser entstehen in Folge der beim Eingiessen stattfindenden Bewegung Luftblasen.



sich zusammengezogen hatte. Diese Blase liess ich darauf, indem ich das Gefäss drehte, austreten und füllte dafür einen Wassertropfen nach. Dies wiederholte ich einige Tage.

Nachdem dann das Glasgefäss in bekannter Weise mit der Luftpumpe verbunden und das Wasser [nach Drehung der Hähne] fast bis zur Mitte des Glases herausgepumpt war, traten, im Gegensatz zu den früheren Versuchen, keine Blasen auf, sondern das Wasser sank ruhig

herab. Wurden nun aber die Hähne zurückgedreht und das Gefäss abgenommen, so traten in Folge der Bewegung und Neigung nicht nur einige Bläschen auf, sondern gleichzeitig wurde das Wasser mit Geräusch dergestalt gegen die Innenwand des Gefässes geschmettert, als wäre es ein fester Stoff, etwa ein Stein, sodass das Glas — ich weiss nicht, aus welchem Grunde — plötzlich zerbrach. Es war daher nöthig, eine andere derartige gläserne Röhre von besonderer Festigkeit herzustellen und den Versuch zu wiederholen. Da sah ich, als das Glas wieder heftig auf und nieder schwankte, wie das Wasser sich von einander that und ein leerer Raum in demselben entstand, dass es aber sogleich wieder mit einem Geräusch, als wenn zwei Pfähle gegeneinander geschlagen werden, zusammentrat.

Das Wasser kocht im Vacuum mit Geräusch.

Es bildet sich im Vacuum durch Voneinanderweichen des Wassers ein leerer Raum.

Bei diesem Zusammenprall entstand aber jedesmal ein Bläschen in der Mitte des Wassers.

Daraus war deutlich zu ersehen, dass in jenem durch das Voneinanderweichen innerhalb des Wassers entstandenen Hohlraum überhaupt nichts vorhanden, sondern dass jener Raum von aller Luft leer ist [dass aber beim Zusammenfliessen selbst und zwar in der Mitte des Wassers eine sehr kleine Blase entsteht, welche durch die heftige Reibung oder jenen kräftigen Anprall erzeugt wird. Befände sich dieselbe indess nicht in dem entleerten Gefäss, dann würde sie so winzig sein, dass sie mit den Augen kaum wahrgenommen werden könnte]. Das Glas nämlich war von allen Seiten geschlossen, sodass ganz sicher jede äussere Luft ausgeschlossen blieb; die innere Luft ferner [wenn überhaupt solche oberhalb des Wassers in dem oberen Theile des Gefässes vorhanden gewesen sein sollte] konnte das Wasser, welches seiner Natur nach und immer sich unter und nicht über der Luft befindet, nicht durchdringen. Jenes Auseinanderweichen geht aber entweder am Boden des Gefässes oder in der Mitte des Wassers vor sich. Dass in jenem leeren, durch das Voneinandertreten des Wassers entstandenen Raum nicht die geringste Menge Luft ist, zeigt ferner jener harte mit solchem Geräusch vor sich gehende Zusammenstoss an, der auf keine andere Weise als in einem derartig entleerten Gefäss von irgend Jemandem hervorgerufen werden kann.

Durch den Zusammenstoss des Wassers wird immer ein wenig Luft erzeugt.

Vorführung des leeren Raums.

Kapitel VIII.

Sechster Versuch, ein äusserstes Vacuum zu bereiten.

Nach dem vorhergehenden Kapitel wird in Folge der Zertheilung des Wassers [wenn nämlich die Schlüssel der Hähne gedreht werden] sowie durch den starken Zusammenstoss desselben, der bei einer Erschütterung der Röhre eintritt, immer ein Bläschen erzeugt, das in den leeren Raum im oberen Gefässe aufsteigt und jenen Veranlassung zum Widerspruch giebt, welche den leeren Raum nicht zugeben wollen. [Doctor *Deusingius* nämlich, in seiner Abhandlung über das Vacuum[5]), sowie auch andere wollen nicht zugeben, dass die Luft, ausser wenn eine Kraft auf sie einwirkt, die sie in die Enge treibt, Elasticität oder ein ihr eigenes Bestreben sich auszudehnen besitze; dann würde auch nicht eine kleine derartige Luftblase die Röhre ausfüllen können, da ja keine äussere Kraft hinzutritt, welche eine die Ausfüllung der Röhre bedingende Elasticität hervorriefe. Dennoch erhoben sie gegen jenes Experiment den Einwand, irgend ein noch so kleines Lufttheilchen dehne sich in dem entleerten Gefässe so sehr aus, dass es dasselbe ganz erfülle. Sie würden daher nur dann zugeben, dass die Röhre leer sei, wenn sie sähen: 1. Dass die gesammte Wassermasse aus der Röhre herabsteige. 2. Ueberhaupt keine Luft auf irgend welche Weise wieder an die Stelle des herabsinkenden Wassers treten könne. 3. Dass durchaus keine Blase, wie klein sie auch sein möge, im Wasser selbst entstände.] Ich dachte daher einen anderen Apparat aus, welcher mit zwei Röhren versehen war. Von diesen war die eine [die dünnere und längere nämlich] immer gegen jeden Zutritt der Luft sowie jede Entstehung von Blasen geschützt und enthielt in Folge dessen das äusserste Vacuum.

Einige schreiben der Luft keine Elasticität zu. Dennoch behaupten sie, im Widerspruch mit sich selbst, dass die kleinste Luftblase das ganze Gefäss ausfüllen könne.

Eine Vorrichtung, mit welcher man im Stande ist, das äusserste Vacuum zu erzeugen.

Ich nahm zu diesem Behufe eine Glasröhre, wie im vorigen Kapitel, etwa von der Länge einer Elle. Dieselbe umgab ich am offenen Ende mit einer Blechkapsel *b b*, wie ich sie bei allen ähnlichen Gefässen anzubringen pflegte.

Einrichtung dieses Apparats.

Durch den Deckel der erwähnten Kapsel führte ich die engere Glasröhre *c d* (Icon. VII, Fig. 2) ein, die etwa

$1^1/_2$ Ellen lang war und bis zur Mitte des grösseren Gefässes d reichte, wie die Abbildung zeigt. An der Seite jenes Deckels in e brachte ich ein Ventil e [oder K] an, welches auf besondere Art gearbeitet war, sodass es an Stelle des Hahnes dienen konnte. Endlich befestigte ich an dem Glasgefässe A jene Kapsel $b\ b$ mit dem von den Goldarbeitern gebrauchten Klebstoff.

Beschreibung des Ventils e.

(Ic. VII, Fig. 3.) Es wurden aus Messing zwei Gefässchen K und L, ähnlich wie Fingerhüte, hergestellt, von denen das kleinere L unten geschlossen und von dem Metallarbeiter gut in das innere K eingerieben war, sodass es die Höhlung desselben sehr genau ausfüllte. Die Gefässe besassen seitlich kleine Oeffnungen, welche einander, wenn L in K gesetzt wurde, genau entsprachen. So erreicht man, dass durch Drehung von L in K dies Ventil geöffnet und geschlossen werden kann.

Gebrauch des Apparats. Nachdem der Apparat so hergerichtet war, füllte ich die genannte Röhre A mit Wasser, sodass die Mündung d der engeren Röhre immer in Wasser eingetaucht blieb, wie auch der Apparat auf und nieder bewegt wurde. Darauf neigte ich denselben, sodass sich auch das engere Rohr $d\ c$ ganz mit Wasser füllte. Wurde nun der Apparat emporgerichtet, so blieb das Wasser in dieser Röhre in der Schwebe, und zwar nicht in Folge eines Abscheus vor dem leeren Raum, wie man gewöhnlich sagt, sondern weil die Luft, welche sich über dem Wasser innerhalb der Röhre A befindet, durch ihren Druck das Herabsinken des Wassers in der Röhre $c\ d$, wie wir sehen werden, verhindert.

Es giebt keinen Abscheu vor dem leeren Raum.

Darauf habe ich diese Vorrichtung zur Seite der Maschine [die im vorhergehenden 4. Kapitel beschrieben wurde] aufgestellt und mittelst einer besonderen Röhre aus Blech $f\ g\ h\ i$ [siehe Icon. VII, Fig. IV] mit derselben verbunden, sodass das Ende f mit dem Ansatz n, das entgegengesetzte Ende i mit dem Ventil jenes Apparats in e sorgfältig vereinigt war, wie es in Fig. V zu sehen ist.

Nachdem alle diese Vorbereitungen getroffen waren, liess ich die Luft herausziehen [unter Benutzung des Röhrchens m, von dem im 4. Kapitel unter Nr. 11 die Rede war (Icon. VI, Fig. 3, Seite 17); mit dessen Hülfe nämlich das Leder des inneren Ventils der Luftpumpe

geöffnet und wohl der gesammten rückständigen Luft Gelegenheit zum Entweichen gegeben werden kann]. Sofort war deutlich zu erkennen, dass das Wasser in der Glasröhre $c\ d$ herabstieg, dass aber überall sowohl im unteren als im oberen Theil des Gefässes zahlreiche Blasen entstanden. Anfangs glaubte ich zwar, sie rührten nur aus dem Wasser her, nachher aber bemerkte ich, dass sie sowohl aus dem Wasser als auch aus dem Glase selbst und sogar aus jener Kittmasse entstanden. Vor allem aber erkannte ich, dass an dem Glase und dem Kitt viele Bläschen hingen, welche allmählich wuchsen und endlich, das Wasser durchbrechend, emporstiegen.

Die Bläschen, welche am Glase hängen, sind der Ausfluss desselben.

Wird darauf mit dem Auspumpen fortgefahren, bis die Luft aus dem grösseren Gefässe A völlig herausgeschafft ist, so sinkt das Wasser der Röhre $c\ d$ und steht schliesslich in gleichem Niveau mit dem Wasser der Röhre A, wie es der Augenschein lehrt. Der Grund ist folgender: Einmal wird der Druck der äusseren Luft durch Einfügung der Röhre $f\ g\ h\ i$ in das Ventil e ausgeschlossen. Zugleich wird durch das Auspumpen die Spannung der Luft, welche sich in der Röhre A befindet, beseitigt. [Diese Spannung hielt vor dem Herauspumpen, obgleich die äussere Luft durch das geschlossene Ventil keinen Zutritt zur Röhre A hatte, das Wasser der Röhre $c\ d$ in der Schwebe.] Deshalb muss das Wasser vermöge seiner Schwere in der Röhre $c\ d$ herabsteigen und eine tiefere Stelle einnehmen. Ein Abscheu vor der Leere kann hierbei nicht in Betracht kommen, da es in der Natur etwas derartiges nicht giebt. Wenn nämlich das Wasser der Röhre $c\ d$ in Folge eines Abscheus vor dem leeren Raum herabstiege, um das Vacuum der Röhre A auszufüllen, weshalb lässt es dann die Röhre $c\ d$ leer zurück und füllt die andere Röhre A, während es dann doch natürlich wäre, dass es zuerst sich selbst genügte und sich lieber hülfe als dem anderen.

Der sogenannte Abscheu vor dem leeren Raum beruht auf dem Druck der äusseren Luft.

Es giebt keinen Abscheu vor der Leere.

Nachdem nun alle Luft herausgeschafft ist, sodass sich das Wasser der Röhre $c\ d$ mit dem Wasser der Röhre A in gleicher Höhe befindet, wird das Ventil geschlossen und der Apparat zum Vorführen des Vacuums aufbewahrt. Will man nämlich das letztere zeigen, so neige man den Apparat, bis die Röhre $c\ d$ mit Wasser gefüllt ist; darauf richte man ihn wieder auf [dergestalt, dass

Wie sich der leereRaum leicht zeigen lässt.

die Mündung *d* immer im Wasser eingetaucht bleibt]. Man wird dann das Wasser der Röhre *c d* sogleich herabsinken und den Raum dieser Röhre leer zurückbleiben sehen. Die Mündung *d* nämlich bleibt immer im Wasser eingetaucht, sodass nicht die geringste Luft eintreten kann, daher ist der Raum dieser Röhre nothwendig leer. Man bringe ferner den Apparat in schnelle Bewegung oder schüttle ihn auf und ab, wie im vorhergehenden Kapitel erwähnt wurde, so wird man das Wasser der Röhre *A* voneinanderweichen und einen völlig leeren Raum in der Mitte desselben entstehen sehen. Das Wasser tritt aber sogleich mit Geräusch wieder zusammen, was auf keine Weise geschehen könnte, wenn jener Raum nicht leer wäre.

Das Wasser prallt im Vacuum hart zusammen, als bestände es aus Steinen.

Ferner ist zu beachten, dass in den ersten sechs bis acht Tagen, solange das Wasser, sowie das Glas und der Leim noch neu sind, immer jene erwähnten Blasen in grosser Menge erscheinen, weshalb ich bestimmt geglaubt habe, dass die Luft die Poren des Glases durchdringe. In dieser Meinung wurde ich umsomehr bestärkt, als immer [wenn die Röhre *c d* geneigt und wieder mit Wasser gefüllt wurde] ein wenig Luft, die etwa den Raum einer Erbse einnahm, in der Röhre *c d* auftrat. Obgleich diese Luftmenge wieder [wenn nämlich das Gefäss gedreht wurde] in den Raum der grösseren Röhre *A* gelangte, wiederholte sich diese Erscheinung immer in derselben Weise. Das bewog mich, die Röhre *c d* noch in eine zweite Glasröhre einzuschliessen, letztere mit Wasser zu füllen und die obere Oeffnung derselben so zu verstopfen, dass die innere Röhre *c d* völlig von Wasser umgeben war. Auf diese Weise nämlich glaubte ich das Eindringen der äusseren Luft in die Röhre *c d* verhindern zu können [da nämlich, wie ich annahm, durch beide Röhren und das Wasser die Luft nicht einzudringen vermöge]. Nichtsdestoweniger aber entstanden in der Röhre *c d* jene kleinen Blasen, bis ich endlich nach sechs oder acht Tagen in Folge wiederholter Versuche zu der Einsicht gelangte, dass die erwähnten Blasen von dem gleichsam noch frischen Glase herrührten und immer in einigen Tagen allmählich verschwanden, bis keine mehr wahrgenommen wurden. Im Laufe der Zeit wurde dies auch durch weitere Versuche bestätigt. Als nämlich

Die Luft vermag nicht das Glas zu durchdringen.

Augenscheinlicher Beweis, dass die Luft das Glas nicht durchdringt.

der Apparat unbenutzt einige Tage offen gestanden hatte und ich ihn wieder in Gebrauch nahm, erschienen in derselben Weise wie vorher derartige Blasen, sowohl im Wasser als in den Glasröhren[6]).

Aus diesen Erscheinungen ersah ich deutlich, dass jene Blasen nicht nur von Ausflüssen des Wassers, sondern auch von solchen des Glases herrührten, und dass die körperlichen Ausflüsse der Dinge [von welchen noch im 1. Kapitel des 4. Buches die Rede sein wird] nichts anderes sind als Luft; die Atmosphäre aber nichts weiter als die materiellen Ausflüsse der gesammten Körperwelt. Dass es kein Ding giebt ohne körperliche Ausströmung und folglich nicht nur das Wasser, sondern auch Glas, Metalle und alles Uebrige ihre Ausflüsse in den umgebenden Raum senden, werden wir im folgenden 10. Kapitel näher darthun.

Jeder Körper besitzt seinen Ausfluss, welcher dessen Hauch oder Luft vorstellt.

Es war daher unnütze Arbeit, die Röhre *c d* mit einer zweiten, mit Wasser gefüllten Röhre von allen Seiten zu umgeben, zumal es feststeht, dass kein vollkommenes Glas der Luft den Durchgang gestattet.

Damit wir aber weiterschreiten, sei folgendes bemerkt: Wie erwähnt treten nach sechs oder acht Tagen keine Blasen mehr auf und das Wasser steigt in der Röhre *c d* ohne ein Aufperlen von Blasen ruhig herab, überhaupt dringt auf keine Weise auch nur eine Spur Luft in dieselbe ein. Alles unseren Wünschen entsprechend. Nichtsdestoweniger zeigt sich in dieser Röhre [wenn sie nämlich nach dem Evacuiren mit ihrem Ende *c* abwärts geneigt wird, damit sie von neuem mit Wasser gefüllt werde] die erwähnte Blase von der Grösse einer Erbse. Wenn auch diese Blase wiederum durch Füllen der Röhre entfernt und das Wasser durch Aufrichten derselben zum Niedersteigen veranlasst wird, habe ich dennoch nach dem wiederholten Eintritt des Wassers immer wieder wahrgenommen, dass eine derartige Blase, welche aus dem Wasser selbst in der völlig evacuirten Röhre entstand, übrig blieb.

Das Wasser giebt in der völlig evacuirten Röhre immerfort Luft von sich.

Aus dem Auftreten dieser Blase, welche nach Oeffnung des Apparats durch den Druck der äusseren, heftig einströmenden Luft so zusammengepresst wird, dass sie fast verschwindet, lässt sich ersehen, dass das Wasser, wenn es sich im Vacuum befindet, immer ein wenig Luft

in dasselbe austreten lässt. Auch erkannte ich durch öfter wiederholte Bewegung, dass jene Blase, welche einige Male in der Röhre *c d* hervorgerufen und jedesmal durch Neigung des Apparates in den Raum der Röhre *A* hinübergeleitet wurde, zuletzt auch in dieser grösseren Röhre eine merkliche Menge Luft hervorrief, da sich das Wasser in der Röhre *c d* nicht wie vorher in gleicher Höhe mit dem Wasser der Röhre *A* befand, sondern sich [vermöge der der Luft eigenthümlichen Spannkraft] zu heben begann.

Der Luftdruck verhindert, dass ein Ausfluss aus dem Wasser stattfindet.

Selbst wenn ich diese Luft aus der Röhre *A* öfter herauszog, blieb, so oft ich den Versuch anstellte, nichtsdestoweniger eine derartige Blase in der Röhre *c d* zurück. Daraus muss man entnehmen, dass das Wasser ununterbrochen seinen Hauch, welcher nichts anderes als Luft ist, in den benachbarten Raum [zumal wenn derselbe leer ist] aussendet, so lange sich ein solcher darüber befindet. Daher hat die Natur der Erdkugel die Fähigkeit, alles zusammenzuhalten[7]), gegeben. Durch diese wird auch die Luft mit einer bestimmten Kraft und Schwere festgehalten, damit nicht das Wasser völlig verzehrt wird und davongeht [indem es ungehindert seinen Hauch in den umgebenden leeren Raum ausschickt, in welchem es durch die Kraft der Sonne bei dem grossen immerwährenden Umlauf, jener Bewegung, welche im 5. Buch Kapitel 16 als die jährliche bezeichnet ist, herumgeführt wird].

Die Herstellung des Vacuums kann nicht weiter als in diesem Versuch getrieben werden.

Aus alle diesem geht deutlich hervor, dass die Herstellung des Vacuums so weit gediehen ist, als wir gelangen können.

Was man aber von dem durch das Herabsinken des Quecksilbers erzeugten Vacuum zu halten hat, ist unten Kapitel 34 zu ersehen.

Bemerkungen: 1. Ueber Bier.

Dennoch darf an dieser Stelle nicht mit Stillschweigen übergangen werden: 1. Dass, wenn der Apparat mit Bier gefüllt [zur Hälfte nämlich, wie es vorher mit dem Wasser geschehen war] und die Luft herausgezogen wird, das ganze Bier sich in Schaum verwandelt und so emporsteigt, dass es zum Theil durch das Ventil in den Hahn tritt. 2. Es ist zu beachten, dass, wenn der Apparat entleert ist und das Ventil zu schnell geöffnet wird, die äussere Luft mit Gewalt in das grössere Rohr *A*

2. Ein Zerbrechen des Glases ist aus drei Ursachen möglich.

einströmt und auf das Wasser drückt. Infolgedessen steigt letzteres nicht nur augenblicklich in der Röhre *c d* empor, sondern spritzt sogar, nach Losreissung des oberen Theils derselben, gegen die Zimmerdecke, indem der ganze Apparat gleichzeitig emporgehoben wird. 3. Der Apparat muss immer langsam geneigt werden, damit das Wasser nicht zu schnell in den Kanal *c d* strömt und denselben zerbricht. Der Grund besteht darin, dass keine Luft in jenem Kanal vorhanden ist, die dem hereinstürzenden Wasser Widerstand leisten könnte; dasselbe dringt nämlich mit solcher Heftigkeit und solchem Geräusch ein, als vermöchte es durch seinen Anprall die Festigkeit der Steine zu überwinden. Daher werden jene gläsernen Röhren zerbrochen. In diesem Falle würde dann die äussere Luft durch den kleinen Kanal in das grössere Gefäss *A* wiederum mit solcher Heftigkeit eintreten, dass dasselbe nicht ohne Gefahr für die Augen der Umstehenden zerbrochen würde. 4. Man muss sich auch hüten, dass der Apparat nicht zu sehr erschüttert wird, sonst zerbricht er nämlich, wie es mir im vorhergehenden Kapitel begegnete. 5. Der Erwähnung ist an dieser Stelle werth, dass das Wasser aus dem engeren Rohre *c d* [wenn nämlich der Apparat einige Zeit umgekehrt hingestellt wurde, sodass die Röhre mit Wasser gefüllt ist, und danach aufgerichtet wird] nicht herabsteigt, selbst wenn die Röhre hundert, glaube ich, Ellen hoch wäre. Der Grund ist der, dass das Wasser in seinem Innern so zusammenhängend geworden ist, dass es nirgends einen Anfang nehmen will, sich zu trennen und abzubrechen, ausser wenn der Apparat gegen den Tisch oder das Pflaster gestossen wird[8]). Dann zerreisst in Folge des Stosses der Flüssigkeitsfaden mit Geräusch an irgend einer Stelle und nicht ohne grosse Gefahr für die Röhre. Ebenso verhält sich gut gereinigtes Quecksilber, und zwar ist dies Verhalten unabhängig vom Gewicht des Luftcylinders, von welchem das 19. und die folgenden Kapitel handeln werden.

Zusammenhängende in einer Röhre befindliche Flüssigkeiten lassen sich in Folge des Zusammenhalts der Theilchen nicht ohne Gewalt von der Wand der Röhre trennen.

Obgleich also mit der Zeit diese Flüssigkeiten so zusammenhängend werden, dass sie nur durch einen Stoss abreissen, so wird man doch in seiner Vermuthung betrogen, wenn die gefüllte Röhre einige Tage aufrecht stehen bleibt [alle Flüssigkeiten nämlich, zumal wenn sie

Flüssigkeiten senden immer etwas Hauch oder Luft aus.

in der Schwebe sind, wie hier das Wasser in der Röhre, geben luftförmige Ausströmungen ab, welche allmählich im oberen Theil der Röhre sich ansammeln und so eine Ablösung oder Trennung der Flüssigkeitstheilchen von denen des Glases bewirken]. Gewöhnlich ist dann nämlich das Wasser gegen alle Erwartung herabgesunken.

Kapitel IX.

Giebt es ein Vacuum in der Natur oder nicht?

Die Ausflüsse der Dinge sind luftförmig.

Da die körperlichen Ausströmungen der Gegenstände Luft sind und es kein Ding ohne jeden derartigen Ausfluss giebt [obgleich der Ausfluss einiger Dinge, wie der Metalle, der Edelsteine und der Glasarten sehr gering und für den Menschen nicht wahrnehmbar ist, kann dieser Hauch doch in einem entleerten Glasgefässe, wo derselbe Raum sich frei auszudehnen findet, in Gestalt kleiner Gasbläschen wahrgenommen werden. Ueber diesen Versuch handelt das folgende Kapitel], so folgt daraus, dass

Ein Vacuum im mathematischen Sinne giebt es in diesen unteren Regionen nicht.

in diesen niederen Regionen in der Nähe unserer Erdkugel kein Raum gefunden werden kann, der in dem Maasse von jedem Ausfluss der Dinge leer wäre, dass er überhaupt nichts mehr aufwiese.

Niemals kann die Luft vollständig, im mathematischen Sinne des Wortes, ausgeschlossen werden [die Verrichtungen der Sterblichen sind nämlich niemals mathematisch vollkommen, sondern geschehen, wenn auch auf mathematischer Grundlage, doch auf mechanischem Wege. Wie es nun unmöglich ist, irgend eine Linie, Oberfläche oder einen Körper mathematisch genau zu umschreiben, zu zeichnen oder herzustellen, zu messen oder zu wägen, sondern dies vielmehr auf mechanischem Wege geschieht, ebenso ist es unmöglich, hier auf der Erde, wo es überall Dinge giebt, welche eine körperliche Ausströmung, die Luft nämlich, von sich geben, einen im mathematischen

Es giebt einen im mathematischen Sinne leeren Raum ausserhalb der Wirkungssphäre der Erde.

Sinne leeren Raum zu erzeugen]. Daraus folgt aber durchaus nicht, dass wenn auch niemand auf der Erde einen derartigen Raum ohne irgend welchen materiellen Inhalt herstellen kann, ein solcher sich in der gesammten Natur überhaupt nicht finde. Wir wollen sogar das Gegentheil

durch unsere Versuche zeigen, sowohl die vorhergehenden als die späteren, durch welche folgendes dargethan werden soll:

1. Die Luft ist der körperliche Ausfluss der Erdkugel. 2. Die Erdkugel zieht diese Luft zu ihrer eigenen Erhaltung mit einer bestimmten Kraft an. 3. In Folge dieser Anziehung ist die Luft in sich sehr zusammengepresst und zwar die untere mehr als die obere. 4. Das Gewicht der Luft ist häufigen Schwankungen unterworfen. 5. Es ändert sich auch sofort, wenn man sich auf irgend eine Anhöhe oder einen Berg begiebt, und zwar je nach der Höhe dieser Berge. 6. In Folge ihrer Schwere dringt die Luft in jeden Raum, der nicht von einem Körper eingenommen ist. 7. Ein Abscheu vor dem leeren Raum ist in der Natur nicht vorhanden; an seine Stelle ist der Druck der umgebenden Luft zu setzen. 8. Alle Luft kann aus Gefässen oder Röhren von Glas künstlich herausgeschafft und so ein Vacuum hergestellt werden; nur lässt sich nicht verhindern, dass neue Luft aus dem Wasser oder auch aus dem Gefässe selbst entsteht [wenn auch in ausserordentlich geringer und kaum bemerkbarer Menge].

Thatsachen, aus welchen gefolgert werden kann, dass der Raum ausserhalb der irdischen Sphäre leer ist.

Aus diesen und anderen Versuchen mehr muss folgendes geschlossen werden:

1. Dass der körperliche Einfluss der Erdkugel, welcher nichts anderes als deren Ausströmung oder Dunst ist, in den umgebenden und sonst von jeder Materie leeren Raum sich erstreckt. Wie nämlich der Duft der Rose — wenn es gestattet ist, Kleines mit Grossem zu vergleichen — in den unmittelbar anstossenden Raum ausströmt, und zwar nicht in's Unbegrenzte, sondern innerhalb eines gewissen Bereiches ihres Vermögens, bis er nämlich immer dünner wird und sich in Nichts verflüchtigt, so verhält es sich auch mit der Lufthülle der ganzen Erde. Dieselbe dehnt sich nämlich nicht ins Unendliche rings um dieselbe aus, sondern erreicht eine Grenze[9]). Wo sie aber aufhört, dort fängt nothwendiger Weise der reine, von allem Körperlichen leere Raum an. Denn es liegt kein Grund vor, eine dort befindliche Materie, sei es nun ein himmlisches Feuer oder etwas anderes, ob fest oder flüssig, anzunehmen, noch lässt sich angeben, zu welchem Zweck eine solch ungeheure, zwischen

Der Wirkungsbereich der Erdkugel dehnt sich nicht ins Unbegrenzte aus.

Wo dieser aufhört, dort beginnt der leere Raum.

den Sternen befindliche, körperliche Masse vorhanden sein sollte. [Innerhalb einer solchen würden ja auch die Ausflüsse aller Weltkörper, sowie ihre Thätigkeiten, Kräfte und Wechselwirkungen zu nichte gemacht werden.] Daher ist es auch ganz ungereimt, wenn einige dafür halten, Raum und Körper seien dasselbe, und die Natur des Letzteren bestehe nur in der Ausdehnung, folglich sei ein Raum ohne Körper nur eine Erdichtung oder etwas bloss Vorgestelltes [wie sich z. B. der Astronom den Aequator vorstellt]. Vielmehr muss man annehmen, dass jene kleine Menge neuerzeugter Luft durchaus nicht im Stande ist, jenen Raum in den entleerten Gefässen auszufüllen und noch viel weniger, ihn zu erhalten oder zu bewirken, dergestalt, dass wenn jene Spur von Luft nicht darin wäre oder erzeugt würde, derartige Gefässe keine leeren Räume enthalten könnten, sondern die Wände derselben sich gegenseitig berühren würden, wie es *Renatus Cartesius* behauptet[10]). Letzteres tritt aber bei Anwendung runder Gefässe durchaus nicht ein, wie im folgenden 26. Kapitel gezeigt werden soll. 2. Es genügt zum Nachweise des Vacuums [dass nämlich ein solches in der Natur vorhanden], wenn Wasser, Luft oder ein anderer Stoff in dem Grade aus den Gefässen herausgeschafft wird, dass nicht einmal der hundertste oder tausendste Theil darin bleibt, ohne dass etwas anderes an die Stelle tritt. Wenn es nun auch hier auf der Erde einen im mathematischen Sinne leeren Raum nicht geben kann, so erkennen wir doch den Grund dafür, nämlich dass dies die Ausflüsse der Dinge verhindern. Wo es aber kein Ding weiter giebt [nämlich ausserhalb der Erde in den Höhen], dort wird es auch keine Ausflüsse der Dinge geben. Ohne Ursache nämlich keine Wirkung. Daher existiert ein leerer Raum. 3. Weil der Luftdruck nicht nur oft an und für sich, sondern sofort bei jedem Emporsteigen sich ändert, so lässt sich leicht schliessen [wenn man die gewaltige Entfernung der Sterne in Betracht zieht], dass der unermessliche, uns umgebende Raum nicht etwa bis zum Monde oder etwa gar bis zur Sonne und darüber hinaus mit Luft angefüllt sein kann, noch viel weniger aber die Luft diesen Raum ausmache oder bilde. So dass wenn die Luft, das Elementarfeuer oder ein anderes körperliches Etwas nicht vorhanden

Raum und Körper sind etwas durchaus verschiedenes.

Wo kein Körper ist, dort findet sich auch kein Ausfluss.

Da der Luftdruck schon auf einem Berge ein anderer ist, kann die Atmosphäre sich nicht bis zum Monde erstrecken.

wäre, jener Raum auch nicht existierte, sondern Erde, Mond, Sonne und die übrigen Sterne sich gegenseitig berührten. Wie soll man sich vorstellen, die Ausströmung der Erde, die Luft nämlich, oder jenes hypothetische Feuer oder etwas anderes, sei es fest oder flüssig, könne jenen ungeheuren Raum zwischen den Sternen bilden, dergestalt, dass wenn eine dünne derartige Materie sich nicht dazwischen befände, die Weltkörper auch keine Entfernung besässen, sondern sich gegenseitig berührten. Muss man nicht vielmehr annehmen, dass der Raum, ob nun irgend eine Materie ihn erfülle oder nicht, nichtsdestoweniger vorhanden sei und bleibe, unabhängig von Ruhe und Bewegung; und dass es gleichgültig sei, ob sich in demselben etwas Körperliches befinde oder nicht.

4. Ferner befinden sich diejenigen im Irrthum, welche vorbringen, nicht nur der tausendste Theil der Luft, welche im Glase bleibt, sondern selbst ein noch so kleines Theilchen könne nichtsdestoweniger das Glas ausfüllen [abgesehen von jenen, über welche im Beginne des vorhergehenden Kapitels berichtet wurde, dass sie der Luft das Bestreben sich auszudehnen, nicht zubilligen]. Nur wer von den Meinungen anderer voreingenommen ist, vermag sich einzureden, der tausendste oder irgend ein noch so kleiner Theil sei von derselben Grösse wie das Ganze. Die Vernunft selbst unterstützt uns daher in der Behauptung, dass, je mehr die Luft herausgezogen und vermindert wird, um so mehr das Vacuum in dem Raum, der von solcher Luft vorher erfüllt war, Platz greifen muss, sodass zuletzt die Luft in nichts verschwindet und folglich einen leeren Raum zurücklässt.

Wenn die Natur ein annäherndes Vacuum zulässt, ist auch ein völliges möglich.

5. Zwar wird von anderen Seiten noch ein weiterer Grund angeführt, um den leeren Raum in Abrede zu stellen. Man nimmt nämlich eine besondere leichte Luftart an, von der man glaubt, dass sie nach Entfernung der dichteren Luft durch das Glas eindringe. Nun ist doch fürwahr eine solche Unterscheidung nicht zulässig, da eine Luftart, wie aus den vorhergehenden Experimenten, sowie aus dem 5. Buch Kapitel 7 und 9 hervorgeht, das Glas nicht durchdringen kann. Ich will aber annehmen, obgleich ich es nicht für möglich halte, es gäbe eine derartige leichtere Luftart, welche im Stande wäre, das Glas zu durchdringen. Dann muss man doch

Die eine Luftart ist nicht feiner als die andere.

fragen, warum sie das Glas nicht vor dem Auspumpen der als dichter angenommenen Luft durchdringt. Es ist nämlich immer noch etwas Raum in jedem Gefässe vorhanden, sodass mehr Luft hineingeblasen oder hineingedrückt werden kann. Da aber dennoch nichts eindringt, so giebt es keine Luft, die feiner oder gröber ist als die andere, sondern der Unterschied der Luft hängt von der Verdünnung und Verdichtung ab [je nachdem nämlich dieselbe ausgedehnt oder zusammengedrückt ist], ferner von der Trockenheit und Feuchtigkeit. Letzteres sind aber nicht wesentliche, sondern mehr zufällige Zustände und können für eine Durchdringung nicht in Betracht kommen. Wollte man selbst die Möglichkeit einer Luftart zugeben, welche das Glas und andere harte Körper durchdränge, sodass dieselbe beim Herauspumpen des Wassers durch das Glas hindurch in den vom Wasser verlassenen Raum träte, und wiederum beim Eintritt des Wassers durch das Glas entwiche, so würde ein solches Verhalten doch mit der Vernunft nicht zu vereinbaren sein. Eine Luftart nämlich, welche im Stande wäre, das Glas zu durchdringen, müsste auch durch das Wasser hindurchgehen und könnte unmöglich vor dem von neuem eindringenden Wasser zurückweichen. Sie würde in dem Glase und dem Wasser schon vor dem Auspumpen vorhanden sein und nach dem Auspumpen darin bleiben. Das würde nichts anderes bedeuten, als eine unkörperliche, das All, in ähnlicher Weise wie der Raum, durchdringende Luft annehmen. Eine solche Substanz würde unbeweglich und in allen Körpern vorhanden sein; sie könnte nicht das Bestreben haben, sich an der einen oder anderen Stelle, je nachdem dieselbe von einem Körper erfüllt wäre oder nicht, zu sammeln. Alles Eigenschaften, welche der gewöhnlichen Luft nicht zugeschrieben werden können.

Ausserhalb der Atmosphäre befindet sich der reine Raum.

Man muss daher annehmen, dass es nahe der Erde, so weit die Luft sich erstreckt, keinen luftleeren Raum giebt, ausser einem solchen, der künstlich, mit Hülfe von Gefässen, die aus festen Stoffen hergestellt sind, bereitet wird. Jenseits der Luftregion aber, an der Grenze der Atmosphäre fängt der reine, von jedem Körper leere Raum an, worüber das 7. und 9. Kapitel des 5. Buches eingehender handeln. Was aber die immateriellen Kräfte

der Weltkörper anbelangt [von welchen wir im 4. Buche handeln werden], so muss man fragen, ob diese denn nicht auch den Raum ausfüllen. Man wird unterscheiden müssen zwischen Kräften, welche von der Sonne ausgehen und denjenigen, welche in der Erde und den übrigen Planeten ihren Sitz haben. Letztere, obgleich sie ringsum diese Weltkörper je nach Art und Beschaffenheit der Kraft, sei es auf grössere oder geringere Entfernung den umgebenden leeren Raum durchdringen, füllen ihn dennoch nicht aus, weil sie unkörperlich sind, auch nicht einmal an einem Ort lange verweilen, sondern in periodischer Bewegung zugleich mit dem Körper fortschreiten und nothwendigerweise hinter sich den leeren Raum zurücklassen. Jene dagegen sind nur vorhanden, so lange sich ihnen innerhalb des Bereiches ihrer Wirkung ein Gegenstand darbietet, der ihrem Einflusse unterliegt. Was aber nicht überall vorhanden ist, kann auch nicht das All erfüllen. Daher ist der ungeheure Raum zwischen den Weltkörpern von jeder Materie leer.

Ob die immateriellen Kräfte auch den Raum ausfüllen.

Kapitel X.

Versuche über den Geruch und die Gährung.

Dass alle Körper materielle Ausflüsse von sich oder aus sich hervorgehen lassen, wurde im vorhergehenden 8. Kapitel nachgewiesen. Noch deutlicher kann dies zudem erkannt werden, wenn man Körper in Wasser oder eine andere Flüssigkeit taucht. Sie werden alsdann von vielen Bläschen umgeben und [wenn es im Vacuum geschieht] findet gleichsam ein Aufschäumen oder Gähren statt.

Alle Dinge haben Ausflüsse, welche luftförmig sind.

Diese Ausströmung ist nun der Hauch oder die Luft derselben. Man tauche z. B. ein Stückchen Gold, Silber, Quecksilber oder eines anderen Metalles oder Gegenstandes in ein Glasgefäss, welches mit Wasser gefüllt ist. Man wird dann an diesen sowie am Glase selbst nach einiger Zeit unzählige Bläschen, die überall anhängen, auftreten sehen. Allmählich steigen dieselben zur Oberfläche des Wassers empor, wo sie zerplatzen und sich mit der Luft mischen.

Was aber auf diese Weise nur wenig auffällig ist, das tritt um so deutlicher im Vacuum in die Erscheinung. Wie nämlich die Luft sich im Vacuum mehr und mehr ausdehnt, so verhalten sich auch diese Blasen, welche nichts anderes als Luft sind.

Die gewöhnliche Luft riechen wir nicht.

Obgleich wir die gewöhnliche Luft, welche nichts anderes ist als der Dunst der gesammten Erdkugel, nicht riechen [der Grund ist, dass wir in derselben und durch dieselbe leben und seit Beginn unseres Daseins uns an sie gewöhnt haben], so vermögen wir doch die Ausströmung oder Luft der einzelnen Dinge mit dem Geruchssinn wahrzunehmen, sei es mehr, sei es weniger, je nach der Verschiedenheit des Stoffes [sofern derselbe eine grössere oder geringere Menge Luft von sich giebt] als auch unserer Natur.

Wenn wir nun auch gute und schlechte Gerüche unterscheiden, so geschieht dies doch nur in Rücksicht auf uns selbst, und liegt dieser Unterschied nicht in der Natur der Sache. Es kann nämlich ein unerträglicher Gestank einem anderen Geschöpfe als der angenehmste Geruch erscheinen.

Der Geruch durchdringt feste Körper nicht.

Ebenso wie die Luft etwas Schweres und Körperliches ist, welches feste Körper, als da sind Glasgefässe und Metallgegenstände, nicht durchdringt, so verhält es sich auch mit jedem Dunst.

Faulende Stoffe geben Luft in grösserer Menge von sich.

Vor allem geben feuchte, leicht zu einer Veränderung geneigte und faulende Stoffe, weil sie mehr der Gährung unterworfen sind, auch eine grössere Menge Luft von sich. Daher giebt jede in Zersetzung begriffene Erde, welche sich unter Wasser in Teichen oder Sümpfen befindet, immer viele Blasen ab. Man kann dies wahrnehmen, wenn man einen Spiess, eine Stange oder irgend ein anderes Werkzeug in den Grund einbohrt. Es steigen dann nämlich sofort mehrere Blasen in die Höhe, weshalb ich mich oft gewundert habe, woher in dem Boden und sogar unter dem Wasser derartige Blasen kämen, da doch die Luft als der leichtere Körper auf dem Wasser schwimmt und nicht in das Wasser eindringen kann. So findet man

Woher die Bläschen im Eise rühren.

auch im Eise zahlreiche Blasen, welche aus derselben Ursache entstehen. Wenn dieselben emporsteigen, so frieren sie ein und bewirken in Folge dessen, dass Eis leichter als Wasser ist[11]).

Warum Leichname an die Oberfläche des Wassers kommen.

Aus dem gleichen Grunde kommen auch todte Körper, die unter Wasser getaucht waren, in die Höhe. Wenn sie nämlich nach einigen Tagen in Fäulniss übergegangen sind, treibt jene neu entstandene Luft die Körper auf, macht sie leichter und zwingt sie in Folge dessen endlich zu schwimmen. Als ich dies erkannt hatte, machte ich folgenden Versuch: Ich brachte einen kleinen todten Karpfen in ein napfähnliches, mit Wasser gefülltes Glasgefäss. Darauf bedeckte ich den Karpfen mit einem zweiten Glasgefäss von der Gestalt eines Kelches, sodass alle Luft ausgeschlossen wurde, da der Kelch ganz mit Wasser gefüllt und der kleine Fisch überall von Wasser umgeben war. Nach einigen Tagen entstanden darauf aus einem derartigen todten Körper viele Blasen, welche endlich bewirkten, dass derselbe emporstieg. Da sich dieselben nun wegen des darüber gestülpten Glasgefässes nicht mit der gewöhnlichen Luft vereinigen konnten, sammelten sie sich in dem oberen Theil desselben und stellten neuerzeugte Luft dar. Diese Gährung oder Erzeugung neuer Luft lässt sich, wie erwähnt, am deutlichsten erkennen, wenn derartige Versuche in evacuirten Gefässen vorgenommen werden; es treten dann nämlich diese Bläschen weit zahlreicher auf und sind von grösserem Umfang. Sie sind nach einigen Tagen zu bemerken, bis ihre Entwicklung nachlässt und endlich aufhört. Näheres über die Gährung siehe im letzten Kapitel des 4. Buches.

Versuch über die Entstehung der Luft.

Kapitel XI.

Ein Versuch, durch welchen Wolken und Winde, sowie die Farben des Regenbogens in Glasgefässen erzeugt werden können.

Gebrauch und Einrichtung der Thermoskope.

Dass die Luft durch die Wärme sich ausdehnt, und durch die Kälte sich zusammenzieht, ist eine bekannte Sache. Besonders lehren uns dies jene Thermoskope oder Thermometer, welche seit etwa dreissig Jahren erfunden sind und mittelst deren aus der Volumvergrösserung oder Verringerung der darin eingeschlossenen Luft das Nachlassen von Wärme und Kälte von Tag zu Tag und auch von Stunde zu Stunde gemessen werden kann. Weil aber

über diese Sache viele Andere geschrieben haben, so verweisen wir den Leser der Kürze halber auf *Caspar Schott's* Mechanica Hydraulico-pneumatica, Seite 229 und andere ebendort genannte Autoren. Siehe auch unsere Erfindung weiter unten, Kapitel 37.

Was aber unsere hier zu besprechende Entdeckung anbetrifft, so ist dazu erforderlich, dass man jenen Recipienten *L*, der im 5. Kapitel beschrieben wurde, zur Hand nehme und sich noch ein anderes, hinreichend durchsichtiges Glas *M* verschaffe (Icon. VIII., Figur 1), welches die Arzneihändler einen Kolben nennen. Dasselbe sei mit einer in gleicher Weise daran befestigten Kapsel und einem Hahn versehen, welcher in den Hahn des Recipienten passt.

Dieser Recipient wird nun entleert und beide Gläser verbunden, sodass das kleinere sich über dem grösseren befindet; darauf werden beide Hähne geöffnet. Man wird alsdann bemerken, wie die Luft des oberen Gefässes in das untere entleerte mit Heftigkeit hinabsteigt und stark bläst, sodass auf dem Boden befindliche, hineingebrachte Gegenstände, selbst Steinchen oder Haselnüsse umhergeschleudert und in einem Wirbel herumgetrieben werden.

In dem unteren Glase *L* wird Wind erregt.

Weil aber durch diese plötzliche Ausdehnung der Luft in dem oberen Glase und ihr Herabsteigen in das untere die zurückbleibende Luft sehr verändert und vermindert wird und eine grössere Menge Luft mehr Feuchtigkeit enthalten kann als eine geringere, so giebt die Luft in dem oberen Gefässe ihre überflüssige Feuchtigkeit ab. Dieselbe kann deutlich in Form kleiner Tröpfchen wahrgenommen werden, welche allmählich zu Boden sinken. Der Vorgang ist um so deutlicher, je reicher das Glasgefäss im Innern an Feuchtigkeit ist; dann entstehen nämlich die Bläschen in grösserer Menge, sodass sie einen Nebel bilden [zumal wenn der Hahn des so entleerten Kolbens in Wasser getaucht und geöffnet wird. Derselbe saugt dann nämlich das Wasser ein und verbreitet es mit Heftigkeit durch das ganze Glas, wodurch die eingeschlossene Luft bei weitem feuchter gemacht wird], welcher sich durch den Zulass von etwas Luft in Wolken zertheilen lässt. Werden nämlich nach Abschluss der Hähne die Glasgefässe von einander getrennt, und dann der Hahn des Kolbens ein wenig geöffnet, sodass

Das in der Luft vertheilte Wasser wird sichtbar.

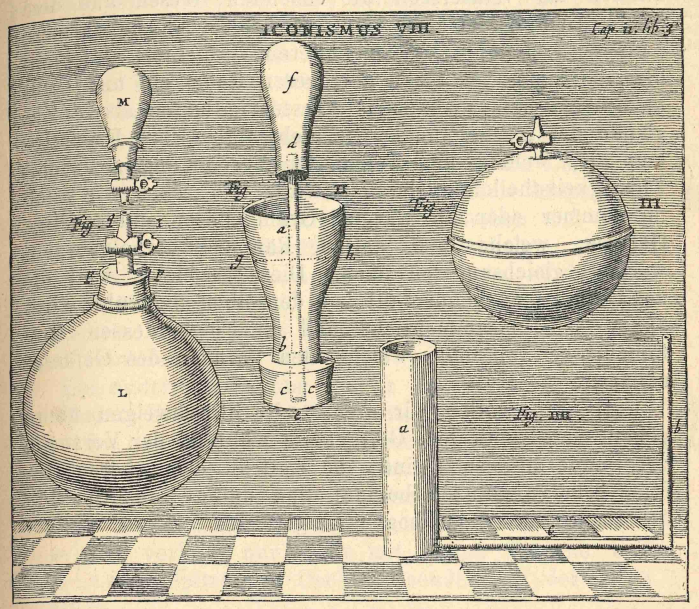
Die dichtere Luft kann mehr Feuchtigkeit enthalten.

Auf welche Weise ein Nebel erregt wird.

etwas Luft eintritt, so wird jener Nebel in Wolken verwandelt.

Daraus geht deutlich hervor, dass in Folge der Zusammenziehung oder Verminderung der Luft das Wasser, welches in der Luft ist, sich von derselben trennt und in Wolken sammelt. Wenn daher der Hahn ganz zurückgedreht und die Luft völlig hineingelassen wird, so verschwinden sogleich die Wolken oder Nebel, weil sie von der eintretenden Luft verschluckt werden. Wird nun

Eine Menge Luft vermag viel Wasser aufzunehmen.



dieser Kolben eine Weile mit dem Nebel aufbewahrt, so lässt sich deutlich das Herabsinken und die Trennung desselben von der klareren Luft erblicken. Auch kann eine Bewegung, eine Art Hin- und Herwogen in dem Glase hervorgerufen werden, wie sie vielleicht die Dämpfe in den oberen Theilen der Atmosphäre besitzen, sodass dieser Versuch zur Erweiterung unserer Kenntniss von den Vorgängen im Luftmeer beiträgt.

Die Dämpfe in der Luft bewegen sich.

Aus alle diesem kann endlich die Ursache der Winde und Wolken erschlossen werden; die vom Fusse

Die Ursache der Wolken.

der Berge und aus unterirdischen Höhlen emporsteigenden Dämpfe, oder jene neue, daselbst erzeugte Luft [wie man ja auch in Bergwerken bemerkt, dass hin und wieder Luft aus den Gängen hervorbläst] bewirken nämlich je nach ihrer verschiedenen Natur, welche sie der äusseren Luft gegenüber besitzen, eine Zusammenziehung oder Veränderung. In Folge dessen wird die wässerige Materie, welche sich in der Luft befindet, abgeschieden und verdichtet, sodass Wolken entstehen. Aus demselben Grunde athmen zur Winterszeit die lebenden Wesen aus dem Munde Dampf, gleichsam eine Art Nebel aus. Die wärmere Luft wird nämlich in der kälteren verdichtet; geschieht dies, so nimmt sie einen geringeren Raum ein und kann in Folge dessen nicht soviel Wasser enthalten als im Zustande der Ausdehnung. Sie giebt daher ihre Feuchtigkeit ab, welche uns wegen der Vereinigung so vieler Flüssigkeitstheilchen sichtbar wird. So sehen wir auch im Sommer oder an warmen Orten Gläser und sonstige Gefässe, welche aus kalten Räumen herbeigebracht werden, gleichsam schwitzen. Dies geschieht, weil die das Gefäss umgebende Luft von denselben abgekühlt wird, daher sich zusammenzieht und in Folge dessen ihre Feuchtigkeit abgiebt, welche den Wänden des Gefässes adhärirt.

Woher der Hauch der Thiere rührt und wann er sichtbar wird.

Weshalb Glasgefässe beschlagen.

Endlich wollen wir nicht mit Stillschweigen übergehen, dass wenn jene Glasgefässe während der Versuche der Sonne ausgesetzt sind, die Luft in dem oberen Gefässe sehr zu glänzen beginnt und darauf ganz deutlich die Farben des Regenbogens zeigt.

Die Farben des Regenbogens hervorzurufen.

Kapitel XII.

Ueber das Feuer im Vacuum.

Ich zündete eine aus weissem Wachs hergestellte Kerze an und tauchte sie in den erwähnten [Kapitel 5 und vorhergehendes Kapitel] Recipienten *L* (Icon. VIII., Fig. 1) unter Anwendung des herausnehmbaren Hahnes *q r*. Darauf stellte ich den Recipienten zur Seite der Maschine [Kapitel IV.] und liess die Luft schnell herausziehen. Ich bemerkte, dass das Feuer allmählich abnahm und

in dem Maasse, wie die Luft herausgezogen wurde, sich zusammenzog, bis es ausging, nachdem es zuvor mit blauer Flamme bis zur Spitze des Dochtes gelangt war. Wenn auch nach dem Erlöschen der Flamme der Docht ein bis zwei Minuten glühend blieb und Rauch aufsteigen liess, erlosch er dennoch. Aus diesem oft wiederholten Versuch war zu erkennen, dass das Feuer ohne Luft nicht bestehen kann, sondern zugleich mit der Fortnahme der Luft erlischt, dass aber die längliche Gestalt der Flamme vom Druck der Luft herrührt, der jene emporhebt und in die Höhe treibt [wie das Wasser, welches von Natur schwerer als Luft ist, die Blase]. Doch bleibt die Flamme an der Spitze des Dochtes hängen, weil die umgebende Luft nicht stärker drückt, als dem Zusammenhalt der Flamme mit dem Dochte entspricht. Wird daher an tief gelegenen Orten, wo die Luft sehr schwer und unrein ist, eine angezündete Kerze aufgestellt, so sehen wir, dass die Flamme emporgehoben und fortgenommen wird und daselbst nicht unterhalten werden kann. Gäbe es somit keinen Luftdruck, so würden die Flammen nicht gestreckt, sondern rund und zusammengeballt sein, wie ja auch die Flamme der Sonne als eine Kugel erscheint.

Die Flamme nimmt zugleich mit der Luft ab.

Woher die längliche Gestalt der Flamme rührt.

Weshalb sie durch unreine Luft ausgelöscht wird.

Ein anderes Mal habe ich in derselben Weise eine angezündete Kerze in den Recipienten gebracht und denselben in gewohnter Weise abgeschlossen, sodass Luft weder ein- noch austreten konnte. Dabei machte ich die Erfahrung, dass die Kerze dann 3—4 Minuten aushält, bis sie erlischt. Sie erlosch aber fast in derselben Weise wie vorher, nur nicht mit blauer Flamme und nicht an der Spitze des Dochtes, sondern in der Mitte desselben.

Das Feuer wird in abgeschlossenen Räumen nicht lange erhalten.

Dieses Erlöschen der Kerze liess sich nur durch die Annahme erklären, dass das Feuer aus der Luft etwas als Nahrung aufnimmt, dementsprechend die Luft verzehrt und in Folge des Mangels an Nahrung nicht weiter leben kann. Daher stellte ich den Versuch an, welchen ich im folgenden Kapitel beschrieben habe.

Die Ursache liess sich auf diese Weise nicht erkennen.

Ueber die unterirdischen Fackeln der Römer wird vieles auf die Berichte anderer hin geredet. Niemand hat aber einen Zeugen dafür entdeckt und selbst in den besten Schriften des Alterthums herrscht über jenes unverbrennliche

Ueber die Fackeln der Römer.

Oel völliges Schweigen. Dagegen lehrt die Erfahrung, dass Feuer ohne Luft nicht bestehen kann. Niemand wird uns daher überzeugen, dass jene Fackeln einige Jahrhunderte hindurch gebrannt haben.

Kapitel XIII.

Versuch über die Aufzehrung der Luft durch das Feuer.

Das Feuer verzehrt Luft. Dies habe ich auf folgende Weise erkannt. Ich nahm ein Glasgefäss, gewöhnlich ein Kolben genannt, dessen Boden abgesprengt war, wie Fig. *a h b g* zeigt (Icon. VIII, Fig. 2). Den engeren Theil *b* leimte ich an die Blechkapsel *c c* und führte gleichzeitig ein Blechrohr *d e* durch die Mitte des Glases und der Kapsel, sodass die Oeffnung *e* desselben mit dem Hahn *q* [vorhergehendes Kapitel 11] des erwähnten Recipienten *L* (Icon. VIII, Fig. 1) verbunden werden konnte.

Darauf liess ich das Glas bis über die Mitte *g h* mit Wasser füllen und stülpte einen kleineren Kolben darüber, der fast bis zum Grunde *b* reichte.

Diese ganze Vorrichtung verband ich mit dem herausnehmbaren Hahn *q* des Recipienten *L* und hing im Innern des Recipienten eine angezündete Kerze auf, die ich gleichzeitig hineinbrachte, sodass Luft weder heraus- noch hineingelangen konnte, ausser durch die Röhre *e d* in das darüber befindliche Glasgefäss *f*.

Die Luft dehnt sich anfangs im Recipienten aus.

Nachdem dies geschehen war, sah ich sogleich, dass das Glas *f* sich hob, weil die Flamme der Kerze die in dem Recipienten eingeschlossene Luft vermöge der Wärme sofort ausdehnte und durch die Röhre *e d* in das Gefäss *f* trieb. Da aber der untere Theil des letzteren immer im Wasser eingetaucht blieb, hatte die Luft keinen Ausweg.

Dies dauerte aber nur ein bis zwei Minuten, darauf fing nämlich das Glasgefäss *f* wieder zu sinken an und erreichte allmählich den Boden. Ich sah sogar auch alles Wasser in das Gefäss *f* emporsteigen und überdies viele Blasen nach sich ziehen, ein augenscheinlicher Beweis, dass ein Theil der in dem Recipienten enthaltenen Luft

verbraucht war. Wenigstens der zehnte Theil der Luft war durch die Flamme der Kerze verzehrt worden und sie würde vielleicht gänzlich verbraucht werden, wenn das Erlöschen nicht so schnell einträte [12]).

Sie wird zum Theil verzehrt.

Dass das Ausgehen der Flamme in jenem verschlossenen Recipienten wegen Mangel an Luft erfolge, kann zwar als ein Grund gelten, doch schien mir überdies das Erlöschen auch einzutreten durch die Verunreinigung der Luft, welche im Recipienten in Folge der Verbreitung des Wachses oder Talges eintritt.

Wodurch wird das Erlöschen der Flamme veranlasst?

Wird nämlich die noch zurückbleibende Luft aus dem Recipienten herausgezogen, so fängt sie gleich an, sich zu verdunkeln, indem sie einen schwarzen Rauch hinter sich zurücklässt, welcher vorher in der dichteren Luft nicht sichtbar war.

Wie die Verunreinigung der Luft erkannt werden kann.

Endlich erhebt sich die Frage, ob das Feuer die Luft dergestalt verzehrt, dass es dieselbe vernichtet oder ob es sie in eine feste Substanz verwandelt. Ich glaube, dass letzteres der Fall ist, obschon diese Substanz so fein sein muss, dass sie auf keine Weise wahrgenommen werden kann.

Ob das Feuer die Luft in nichts verwandelt.

Kapitel XIV.

Das Licht im Vacuum.

Man hat behauptet, unsere entleerten Glasgefässe könnten nicht von aller Materie leer sein, weil Dinge, welche man darin anbringe, gesehen würden. Wären aber wegen der Leere daselbst befindliche Dinge nicht sichtbar, so müsste man ja schliessen, das Vacuum sei im Stande, das Licht am Durchgang zu verhindern. Das Licht aufhalten kann aber nur ein dichter Körper. Folglich wäre das Vacuum ein solcher. Da aber der leere Raum nichts Körperliches ist, so ist er unsichtbar, ist er aber unsichtbar, so kann er nicht bei Tageslicht dunkel erscheinen. Woher sollte denn Dunkelheit in dem Glase rühren, da es doch überall von Helligkeit oder Licht umgeben ist? Letzteres ist ja in der Luft vorhanden und gleichzeitig an allen umherbefindlichen Gegenständen, ja sogar in dem Glasgefässe selbst, welches es durchdringt! Etwas anderes wäre es, wenn wir uns nicht in der Luft und hier auf

Die Kraft der Sonne äussert sich im leeren Raume nicht.

der Erde befänden, wo es am Tage reflectirtes Licht giebt, das zugleich auch jenen leeren Raum in dem Glasgefässe an allen Stellen erhellt.

Befänden wir uns indess weit von hier im Aether, wo das Sonnenlicht keinen Widerstand und keine Reflexion erleidet, sondern die Kraft der Sonne [d. h. das Licht] ungehindert den Aether durchdringt, so würden wir [mit von der Sonne abgewandtem Blick nämlich] nichts sehen als Dunkelheit, gleichzeitig würde jener Raum in dem entleerten Glasgefäss finster erscheinen; siehe Kapitel 12 des 4. Buches und den Schluss des 9. Kapitels dieses Buches. Ein einleuchtendes Beispiel, dass dem so ist, haben wir Nachts. Wenn es nämlich Nacht ist und wir die Erde hinter uns, das Antlitz aber von der Sonne abgekehrt haben, so sehen wir, weil sich vor uns kein erleuchteter Körper befindet, auch nichts [ausser dass bei klarem Wetter gewisse Planeten oder auch Kometen, die von unserer Sonne beschienen werden, oder die Fixsterne, welche aus eigener Kraft wie unsere Sonne leuchten, vorhanden sind], weshalb dann auch jener leere Raum im Recipienten unsichtbar oder dunkel erscheint, während er doch am Tage erhellt ist.

Die Kraft der Sonne oder das Licht wirkt nur auf etwas Körperliches.

Kapitel XV.

Der Schall im Vacuum.

In einem evacuirten Gefässe klingen Glocken, Saiten musikalischer Instrumente und andere Dinge, die sonst einen Ton geben, ausserordentlich schwach. Um einen diesbezüglichen Versuch zu machen, liess ich in den gläsernen Recipienten [dessen oft Erwähnung geschehen ist] ein laut tönendes Uhrwerk an einem Faden, von der Mündung herab. Zuvor aber hatte ich das Uhrwerk so eingerichtet, dass es durch den Schlag des in dem Glöckchen befindlichen Hämmerchens einen deutlichen Ton in bestimmten Zwischenräumen während einer halben Stunde verursachte. Darauf begann ich aus dem verschlossenen Recipienten die Luft herauszuziehen und bemerkte, nachdem dieselbe zum Theil entfernt war, dass ein schwächerer Ton hervordrang; nach völligem

Im Vacuum tönen Glocken nicht.

Auspumpen ein solcher aber nicht mehr gehört wurde. Näherte ich aber das Ohr dem Glase, so nahm dasselbe ein dumpfes Geräusch wahr, welches durch den Schlag des Hammers hervorgerufen wurde. Es klang, als wenn Jemand die ganze Glocke mit der Hand festhält und dann mit einem Hammer dagegen schlägt, wodurch zwar ein dumpfer Laut oder ein Geräusch, aber kein Ton erzeugt wird. Sowie ich aber der Luft den Zutritt in das Gefäss freigegeben hatte, wurde auch mit der Ankunft derselben das Geräusch sogleich wieder zu einem Ton.

Ein Geräusch dringt dennoch hervor.

Der Zutritt der Luft macht die Glocke wieder tönen.

Ich liess darauf den Schreiner an Stelle der Glocke eine Klapper aus vier quadratischen Brettern herstellen und zwar von solcher Grösse, dass die Mündung des Recipienten ihr den Durchgang gestattete. Diese Klapper [mit dem Klöpfel einer Glocke zuvor in Verbindung gebracht] habe ich im Innern befestigt und einen Stöpsel davorgeschoben, sodass, wenn ich den Recipienten mit den Händen hin- und herbewegte, der Klöpfel gegen die Seiten der genannten Klapper schlug. Wie aber der Laut, den die Klapper in Folge des Anpralls des Klöpfels vor dem Auspumpen der Luft gab, deutlich gehört wurde, ebenso deutlich wurde er, nachdem die Luft herausgezogen war, bemerkt, sodass nicht einmal ein Unterschied wahrgenommen werden konnte.

Der Schlag ruft auch im evacuirten Gefässe ein Geräusch hervor.

Daraus erkennen wir, dass tönende Körper, als da sind Glocken, Zimbeln, Gläser, Saiten musikalischer Instrumente u. s. w., einen Ton unter Beihülfe der Luft aussenden, nämlich vermöge der Erschütterung, mit welcher sie die Luft treffen. Dass dagegen ein Geräusch oder ein Laut, welche nur durch Reibung oder den Zusammenstoss von Gegenständen hervorgerufen werden, nicht vermittelst der Luft, sondern durch die Tonkraft, von welcher das 10. Kapitel des 4. Buches handelt, entstehen.

Der Ton wird mit Hülfe der Luft erzeugt.

Selbst bei verschlossenem Recipienten, wenn die Luft weder ein- noch auszutreten vermag, dringen doch sowohl Töne als Geräusche durch das Glas. Fehlt aber die Luft, so wird auch kein Ton ausgesandt, Geräusche aber dauern fort, ob nun Luft vorhanden, oder dieselbe herausgepumpt ist.

Ein Geräusch geht aus der Tonkraft hervor.

Man muss nur diesen Unterschied festhalten, dass ein Laut, welcher von der Luft selbst erzeugt oder erregt wird, auch mit Hülfe derselben, sich fortpflanzt. So

Durch den Zusammenstoss der Luft wird ebenso ein Laut hervorgerufen wie

durch die Reibung harter Körper.

werden wir im 26. Kapitel sehen, dass Glasgefässe oder viereckige Flaschen nicht nur zerbrochen werden, sondern dabei auch ein heftiger Knall erfolgt, weil die umgebende Luft in jenen Raum, welcher in einer solchen Flasche leer gemacht war, gleichsam mit einem gewissen Ungestüm wieder einströmt. Auf die gleiche Weise wird auch der Donner und der Knall der Geschütze in der Luft erregt. Wenn nämlich ein plötzlich auftretendes Feuer die Luft schnell ausdehnt und dann sofort wieder erlischt, so lässt es einen gewissermaassen leeren Raum zurück, welchen die Luft durch plötzlichen Zusammentritt ausfüllt. Dies ruft den Knall hervor.

Der Knall der Geschütze wird durch das Zusammentreffen der Luft veranlasst.

Eine Glocke, welche in einem verschlossenen mit Luft gefüllten Gefäss in dem entleerten Recipienten aufgehängt wird, tönt weiter.

Uebrigens ist es ganz gewiss, dass, wenn ein Uhrwerk in einem Glasgefäss oder in einer kupfernen, wohlverschlossenen Kugel, aus der keine Luft entweichen kann, innerhalb des oft erwähnten Recipienten aufgehängt und aus demselben alle Luft herausgepumpt würde, der Ton des Glöckchens deutlich zu hören wäre. Da aber ohne Zweifel eine solche gläserne Kugel von der eingeschlossenen Luft zerbrochen würde, wie im 33. Kapitel aus dem Versuch mit der Blase ersichtlich ist, so habe ich von einer Ausführung dieses Versuches Abstand genommen [13]).

Kapitel XVI.

Versuche über das Verhalten von Thieren im Vacuum.

Jenes oft genannte Glasgefäss *L*, von den Chemikern Recipient genannt und mit einem herausnehmbaren Hahne *q r* (Icon. VI., Fig. 7, Seite 17) versehen, ist so eingerichtet, dass kleine Thiere und andere Dinge in dasselbe hineingebracht werden können. Ich habe daher zuerst einen Sperling, welcher die Flügel schlagend in demselben lustig hin- und herflog, darin eingeschlossen. Darauf habe ich dieses Glasgefäss vermöge der Röhre *f g h i* (Icon. VII., Fig. 4, Seite 23) [Kapitel 7 beschrieben], um die Luft herauszuschaffen, mit der Maschine verbunden, wodurch der Flug des Vogels alsbald unterbrochen wurde. Auf den ersten Blick zwar wurde nichts anderes an ihm bemerkt, als dass er [sobald man mit dem schnellen Herausziehen der Luft aufhörte], mit geöffnetem

Versuch mit einem Vogel im Vacuum.

Schnabel mühsam nach Athem rang. Endlich blieb er ohne allen Athem mit weit offenem Schnabel stehen; bei unveränderter Haltung des Mundes verhielt er sich ganz ruhig, bis er bald vornüber fiel und seinen Geist aushauchte. Daraus lässt sich deutlich ersehen, dass jede Bewegung der Körpertheile dem Thiere in Folge des Luftmangels genommen war, weshalb das im Herzen befindliche Leben [gleichsam wie eine Weingeistflamme] ausgelöscht wurde.

Verhalten von Fischen im Vacuum.

Nachdem ein anderes Mal in das erwähnte Glasgefäss Wasser gegossen war, wurden Fische verschiedener Art, wie Hechte, grössere und kleinere Barsche, Gründlinge, Barben und andere häufig vorkommende, hineingebracht. Die Hechte fingen an mit geöffnetem Munde mehr und mehr aufzuschwellen und spieen kleine Fische aus, welche sie verschlungen hatten. Endlich schwoll der Körper so sehr an, dass zu befürchten war, sie könnten platzen, bis sie endlich entkräftet und wie todt dalagen.

Ich bemerkte, dass die Blasen dieser Fische geschlossen sind und keine Ausführungsgänge besitzen, durch welche sie die Luft hätten entlassen können. Letztere trieb daher in Folge ihrer Expansivkraft den Körper auf. Gründlinge und andere oft vorkommende essbare Fische dagegen liessen aus ihren Blasen sogleich die Luft entweichen. An den beiden Arten von Barschen wurde aber eine merkwürdige Abweichung beobachtet, indem sie mit weit von einander stehenden Kiefern schluckten und ihre Augen aus den Höhlen hervorquollen. So starben sie auf gleiche Weise wie die Hechte, und vermochten die Procedur nicht auszuhalten, wenn auch der Luft durch Oeffnung des Gefässes wieder Zutritt gegeben wurde, während die übrigen [wenn sie in diesem Vacuum nicht allzu lange belassen wurden] am Leben blieben und wieder zu sich kamen.

Trauben lassen sich im Vacuum ein halbes Jahr lang aufbewahren.

Endlich mag anhangsweise an dieser Stelle erwähnt werden, dass wenn man Trauben in ein derartiges Glasgefäss bringt, dasselbe evacuirt und an einem kühlen Orte ein halbes Jahr aufbewahrt, die Trauben zwar, was ihr Aussehen anbetrifft, nicht verändert werden, aber allen Saft verlieren.

Dies rührt daher, dass der Most in den leeren Raum ausströmt, während er sonst durch den Druck der umgebenden Luft zurückgetrieben wird und im Innern bleibt.

Kapitel XVII.

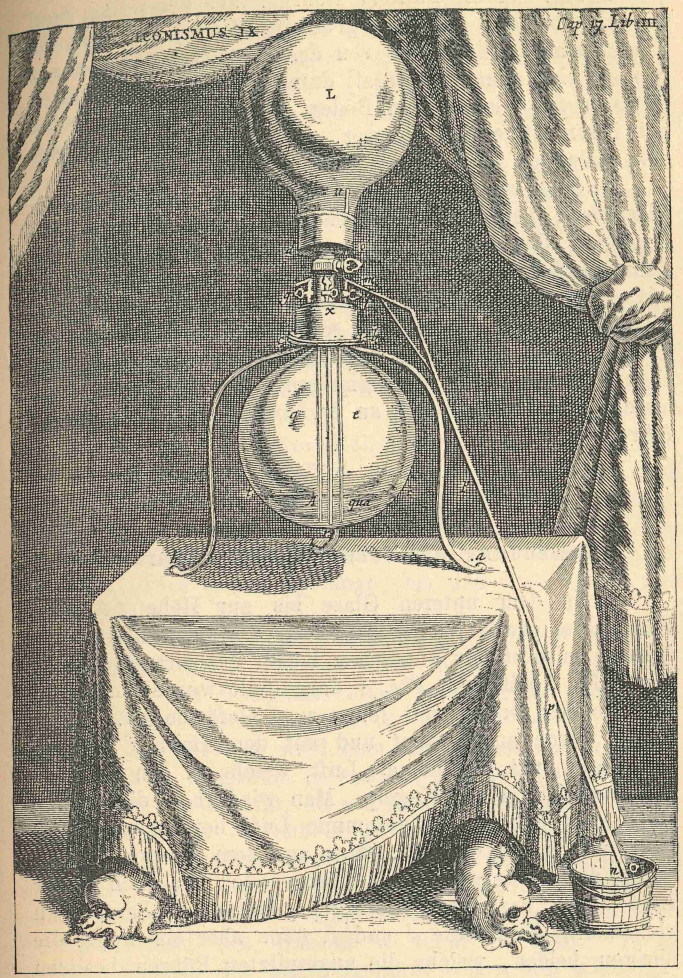
Ueber die Einrichtung eines hydraulisch-pneumatischen Apparats, der nicht nur die Möglichkeit zu vielen Entdeckungen bietet, sondern auch im Studierzimmer zur Anregung des Geistes aufbewahrt werden kann.

Man stelle einen eisernen Dreifuss *a b c h i* (Icon. IX.) her, dessen Füsse oben in den eisernen Ring *b c* eingefügt und mit Schrauben befestigt werden. Derselbe besitze an dieser Stelle zwei eiserne bewegliche Blechstücke, die so gebogen sind, dass vermittelst derselben das Glasgefäss *e q r* [das gewöhnlich ein Viertel-Recipient genannt wird und in gleicher Weise wie im 5. Kapitel mit einer Metallkapsel versehen ist, sodass Luft weder ein- noch auszutreten vermag] zwischen die Schenkel des Dreifusses gehängt und wieder entfernt werden kann.

Darauf werde ein zweites derartiges Glasgefäss *L* mit einem Hahn *d*, welcher mit seinen beiden Enden gleichzeitig in beide Kapseln dieser Glasgefässe gut passend eingesetzt werden kann, hergestellt und an dem unteren Gefässe *e q r* angebracht, wie Figura zeigt. Ausserdem müssen auch noch vier kleinere Hähne [von denen nur drei *f x g* gezeichnet sind] rings um den Hahn *d* an der Kapsel des unteren Glases angebracht werden. In die Ansätze von *f* und *g* lässt sich eine Röhre *p p*, welche zum Aussaugen oder Herauslassen des Wassers dient, kunstgerecht hineinschieben. Der Hahn *g* habe ferner an seinem unteren Ende eine aus Blech hergestellte Röhre, *q*, die bis zum Boden des Gefässes reicht.

Die übrigen beiden Hähne aber, von denen der vierte in der Zeichnung nicht dargestellt werden konnte, sollen keine Ansätze haben, wohl aber Röhren, welche ebenfalls bis zum Grunde des Gefässes reichen und am Ende so zugespitzt sind, dass in die Mündung derselben nur eine kleine Nadel hineingesteckt werden kann.

[Bemerkung: Beide Arten von Hähnen müssen den Oeffnungen in der Kapsel so genau entsprechend ge-



arbeitet und eingerieben sein, dass sie diese Oeffnungen aufs vollkommenste ausfüllen, sodass keine Luft hindurchdringt. Um letzteres möglichst zu verhindern, sind sie ferner

von einem kleinen Ringe umgeben, der mit Wasser gefüllt wird.]

Ferner sei die mittlere Röhre r aus demselben Stoff wie die übrigen, aber von grösserer Weite, fast wie ein Finger stark. Sie werde von dem grösseren Hahn d aus [wo sie sich abnehmen lässt] durch die Mitte des unteren Gefässes fast bis auf den Boden hinuntergeführt, sodass mit ihrer Hülfe das Wasser aus diesem in das obere Glas gelangen kann.

Endlich sei der genannte Kanal $p\,p$ aus verzinntem Eisenblech hergestellt und so lang, dass er von den Ansätzen der beiden Hähne $f\,g$ aus den Boden des Zimmers fast berührt. Er sei ferner am oberen Ende mit einem Messingansatz m versehen, welcher in die Ansätze jener zwei Hähne gut schliessend hineinpasst; am unteren Ende besitze er noch den kleinen Hahn n, wie Figura zeigt. Dem wissbegierigen Leser bleibe es überlassen, das Uebrige sich zu ergänzen und weiter auszuführen.

Kapitel XVIII.

Anwendung des vorerwähnten Apparats.

Verfahren beim Evacuiren dieser Gefässe.

1. In dem unteren Glase bis zur Höhe $f\,t$ muss sich immer etwas Wasser befinden. Darauf werden beide Gefässe mittelst der kupfernen Kugel evacuirt, welche in der VIII. Abbildung, Fig. 3 dargestellt wurde und etwa von gleicher Grösse mit jenen zwei Gefässen ist. Diese Kugel werde ausgepumpt und mit dem Hahn f verbunden [dann tritt nämlich die Luft, welche in den Gefässen enthalten ist, in die Kugel]. Man wiederhole dies einige Male, bis nahezu die gesammte Luft herausgezogen ist [was man daran erkennt, dass aus dem oberen Gefässe durch den mittleren Kanal r keine oder nur noch wenig Luft durch das Wasser dringt]. Darauf schliesse man gleichzeitig die Hähne d und f, öffne aber ein wenig die übrigen beiden, welche die zugespitzten Röhren besitzen [wenn 3 oder 4 derartige Röhren vorhanden sind, ist es desto besser]. Man wird dann sehen und zugleich hören, wie die Luft durch das Wasser eintritt und dabei einen Ton oder ein Zischen erzeugt, das mehr oder weniger

Erste Anwendung, einen andauernden Ton hervorzurufen.

laut ist, je nachdem die Schlüssel der Hähne eingestellt werden. Dies kann nun Tage und Nächte dauern, eine, zwei oder drei Wochen hindurch, und zum Zeitvertreib dienen. Vor allem ist aber dabei darauf zu achten, dass ein unvermerktes Eindringen von Luft ausgeschlossen sei. Auch ist es, um einen angenehmen Ton zu erzeugen, von Vortheil, Nadeln in den Oeffnungen der Röhren anzubringen, damit diese um so feiner werden und die Luft desto mehr eingeengt und zu zischen gezwungen wird.

Das Wasser steigt, seiner Gewohnheit entgegen, empor.

2. Man bringe den Kanal $p\,p$ mit geöffnetem Hahn n in ein mit Wasser gefülltes Gefäss und verbinde gleichzeitig das Ende m mit dem Ansatz des ersten Hahnes f. Darauf öffne man letzteren und man wird das Wasser des Gefässes mit Heftigkeit in das untere Glas $e\,q\,r$ emporsteigen sehen. Ist nun das Glas zur Hälfte etwa mit Wasser gefüllt, so schliesse man die Hähne, den unteren n sowohl als den oberen f, entferne den Kanal $p\,p$, der jetzt mit Wasser gefüllt ist, und stelle ihn zur Seite.

Die Luft tritt mit Ungestüm in das entleerte Gefäss ein.

3. Wird das dritte Hähnchen g [welches in die Röhre $x\,q$ ausläuft] geöffnet, so dringt die Luft ein und bricht innerhalb des Glasgefässes aus dem Wasser hervor und zwar mit solcher Heftigkeit, dass man es für unmöglich halten möchte, dass das Glas diesen Anprall aushält. Dies dauert so lange, bis das Glas wieder mit Luft gefüllt ist.

Das Wasser des unteren Gefässes steigt mit grosser Heftigkeit in das obere empor.

4. Wenn das erste Hähnchen f [welches nämlich keine Röhre trägt] gedreht wird, sodass der Luft der Eintritt in das Glasgefäss offen steht, kann auch der Hahn d des oberen Gefässes L geöffnet werden. Geschieht dies aber, so wird man das Wasser mit Geräusch und solchem Ungestüm in das obere Glas emporspringen sehen, dass es scheint, als wollte es gleichsam den oberen Theil desselben durchbohren oder das Glas selbst in viele Stücke zerschmettern. Dabei muss man dafür sorgen, dass die [nach dem Eindringen des Wassers] nachfolgende Luft nicht zu stürmisch eingelassen wird, was sich durch den Schlüssel des Hahnes d reguliren lässt. Sonst könnte nämlich der ganze Apparat wegen des allzu heftigen Durchgangs der Luft durch das Wasser zertrümmert werden.

5. Wie oben am Ende des 2. und 4. Kapitels erwähnt wurde, entstehen durch die heftige Pressung und

Reibung an den Hähnen viele Blasen im Wasser selbst, welche in die Luft übergehen, doch nur im Vacuum in die Erscheinung treten. Hierfür nun erhalten wir auch bei der Anstellung dieses Versuches den augenscheinlichen Beweis. Wenn nämlich der obere Hahn *d* nur ein wenig gedreht und das unten befindliche Wasser gezwungen wird, durch eine sehr kleine Oeffnung hindurchzugehen, so wird dieses Wasser in Folge der heftigen Reibung in ausserordentlich kleine Luftblasen aufgelöst, welche im Vacuum, wo sie freien Raum haben, ganz wie Rauch an der Oberfläche des Wassers erscheinen. Dass sie nur im Vacuum sichtbar werden, hat seinen Grund darin, dass der auf der ganzen Erde und auch auf allem Wasser ruhende Luftdruck sehr gross ist. Daher sind diese Blasen im Wasser sehr zusammengedrückt, sodass sie uns nicht zu Gesicht kommen. Im Vacuum aber, wo der Druck der Luft [durch das von allen Seiten geschlossene Gefäss] aufgehoben ist, haben sie Raum, sich der Eigenart der Luft gemäss auszudehnen, wie die übrigen Versuche mehr und mehr lehren werden.

Das Wasser kann gleichsam in Rauch verwandelt werden.

Unsichtbare Bläschen werden im Vacuum sichtbar gemacht.

6. Dieser Apparat beweist offenbar, dass die Luft in dieser unteren Region in Folge ihrer Schwere sehr zusammengedrückt ist, dass sie aber die Fähigkeit besitzt, sich auszudehnen. Wird nämlich die Luft auf die vorher beschriebene Weise aus beiden Glasgefässen herausgezogen, so steigt diejenige, welche sich in dem oberen Gefässe befindet, vermöge ihrer Fähigkeit sich auszudehnen durch das Rohr *x r* herab und breitet sich, das Wasser durchdringend, in dem unteren Glasgefäss aus, von wo sie endlich in die kupferne Kugel gelangt. Daraus ist ersichtlich, dass wenn nur das untere Gefäss [unter Abschluss des Hahnes *d*] entleert und dieser Hahn darauf schnell geöffnet würde, die Luft des oberen Gefässes mit solcher Kraft durch das Wasser des unteren hereinbrechen müsste, dass sie alsbald dieses Glasgefäss zerbrechen würde. Dieses ist mir auch begegnet.

Die Luft ist sehr zusammengepresst.

7. Ferner geht aus dem Apparat deutlich hervor, dass der sogenannte Abscheu vor dem leeren Raume nichts anderes ist als der Druck, den die Luft auf sich selbst und alles hier unten Befindliche ausübt. Sind nämlich beide Gefässe zugleich evacuirt, so hat das Wasser des unteren keinen Anlass emporzusteigen und das obere leere

Der sogenannte Abscheu vor dem leeren Raum rührt von dem Luftdruck her.

Glas zu füllen. Sowie aber durch den Hahn *f* etwas Luft in das untere hineingelassen wird, steigt das Wasser sofort mit grosser Gewalt in das obere, bis man den Hahn *f* schliesst. Nachdem dies geschehen, hält die Luft, welche durch den äusseren Druck in das untere Gefäss gepresst ist, vermöge ihrer Spannkraft das emporgestiegene Wasser unverändert in der Schwebe. Wird der Hahn *f* wieder geöffnet, bis das obere Gefäss sich mit Wasser und zum Schluss mit Luft gefüllt hat, so wird in derselben Weise jenes Wasser in dem oberen Gefässe durch die Luft [welche in das untere hineingedrückt ist], nicht aber durch den Abscheu vor dem leeren Raum, in seiner Lage erhalten. Selbst wenn der Hahn *f* geschlossen wird, ist es dem Wasser nichtsdestoweniger unmöglich herabzusteigen. Geschähe dies nämlich, so würde es die in dem unteren Gefässe eingeschlossene Luft zusammendrücken. Das ist aber nicht angängig, weil ja die Luft und das Wasser des oberen Gefässes sich im Gleichgewicht mit der Luft des unteren befinden. Wird dagegen vermittelst der Kupferkugel wieder etwas Luft herausgezogen, so steigt alles Wasser herab und endlich folgt auch die Luft, bis das Gefäss entleert ist.

8. Will man den Apparat in den gewöhnlichen Zustand, d. h. das in der Schwebe befindliche Wasser in das untere Gefäss zurückbringen, so ist es erforderlich, dass anderswoher durch irgend eine Oeffnung der Luft freier Zutritt in das obere Glasgefäss *L* gegeben werde. Dies kann mittelst eines Röhrchens *u* geschehen, welches durch die Messingkapsel und den Leim bis in das obere Gefäss führt und mit einem Verschluss *o* versehen ist. Wird nämlich dieser Verschluss beseitigt, so kann die Luft an die Stelle des herabsinkenden Wassers treten.

Auf welche Weise das Herabsinken des Wassers bewirkt wird.

9. Nachdem das Wasser wieder in das untere Gefäss hinabgestiegen ist, werde die Spitze des Kanals *p p* mit dem Ansatz des dritten Hahnes *g* verbunden.

Wird dann der Hahn *n* des Kanals geöffnet, so steigt das Wasser, welches vorher darin zurückgeblieben war, herab und gleichsam wie durch einen Heber folgt alles übrige. Auf diese Weise giebt dieser Apparat das Wasser, welches er auf der einen Seite durch den ersten Hahn *f* verschluckte, auf der anderen Seite durch den dritten Hahn *g* wieder von sich. Ausserdem kommen noch

Durch einen Heber wird zum Schluss das gesammte Wasser herausgezogen.

verschiedene andere Kunstgriffe in Betracht, welche sich besser aus dem Gebrauch als durch einen Ueberfluss an Worten ergeben.

Kapitel XIX.

Eine neue, mit Hülfe desselben Apparats gemachte Entdeckung, welche den auf der Erde ruhenden Luftdruck darthut.

Vorstehend beschriebenen Apparat hatte ich in meinem Arbeitszimmer zur Kurzweil auf dem Tische stehen und zeigte Freunden und anderen, welche begierig waren, diese Entdeckungen kennen zu lernen, die im vorhergehenden Kapitel angestellten Versuche. Da fragten einige Wissbegierige, als sie das Wasser durch den Kanal *p p* (Icon. IX.) vom Boden des Zimmers so stürmisch und in solcher Menge in das entleerte Gefäss steigen sahen, bis zu welcher Höhe denn das Wasser auf diese Weise geführt werden könne. Da mir dies noch unbekannt war, ich aber doch nicht annehmen konnte, dass das Gefäss bis zu beliebiger Höhe das Wasser emporziehe, versäumte ich nicht, darüber Untersuchungen anzustellen.

Das Wasser steigt von der Erde bis zum mittleren Stockwerk des Hauses.

Ich liess den Kanal *p p* verlängern [sodass er aus dem mittleren Stockwerk meines Hauses durch das Fenster geführt, den Boden des Hofes berührte]. Nachdem dann ein Gefäss voll Wasser darunter gesetzt war, verfuhr ich in gleicher Weise, wie unter No. 2 im vorhergehenden Kapitel angegeben ist. Ich sah dieselbe Erscheinung eintreten. Das Wasser stieg nämlich seiner Schwere entgegen nichtsdestoweniger in das entleerte Glasgefäss empor.

Daraus ergab sich die Nothwendigkeit, nicht nur den Apparat in das dritte Stockwerk des Hauses zu bringen, sondern auch einen längeren Kanal anzuwenden, und den

Es steigt noch höher.

Versuch von neuem zu beginnen. Als dies geschehen war, ging die Sache nichtsdestoweniger in derselben Weise vor sich. Das Wasser stieg bis zum dritten Stock, wenn auch nicht so reichlich als vorher. Ich begab mich deshalb in den vierten Stock des Hauses, und nachdem alle Vorbereitungen getroffen waren, wiederholte ich den früheren Versuch. Jetzt nahm ich wahr, dass kein Wasser

mehr in das Gefäss gelangte, sondern dass es vielmehr in der Röhre hängen blieb.

Weil aber so die Steighöhe nicht ermittelt werden konnte, war es nöthig, an der Stelle, wo sich das in der Schwebe befindliche Wasser vermuthen liess, eine Glasröhre mittelst Kitt gut schliessend einzuschalten und den Versuch zum vierten Male anzustellen. Als darauf der Schlüssel des Hahnes gedreht wurde, sah ich das Wasser ohne Verzug eindringen, verschiedene Male in dem Glaskanal auf- und niederschwanken, endlich aber zur Ruhe kommen. Jetzt liess sich die Stelle, bis zu welcher das Wasser vorher gestiegen war, feststellen. Ich merkte mir dieselbe an und liess von hier ein Senkblei bis zum Boden des Hofes hinab, dessen Länge ich mass und ungefähr gleich 19 Magdeburger Ellen fand.

Das Wasser steigt bis zu 19 Magdeburger Ellen Höhe.

Obschon ich nicht unterliess, diesen Versuch noch verschiedene Male in derselben Weise zu wiederholen und nachzumessen, sah ich dennoch das Wasser immer dieselbe Höhe innehalten. Als aber dies Beginnen einige Tage unterbrochen wurde, nahm ich auch von einem zum anderen Tage eine gewisse Veränderung wahr. Mitunter nämlich stand das Wasser eine, zwei oder drei Handbreit höher, bisweilen um so viel tiefer. Die Ursache dieser Erscheinung konnte ich mir ohne Schwierigkeit erklären.

Die Höhe des Wassers ändert sich.

Obschon ich nämlich dachte, es liege an dem Glase, welches vielleicht im Laufe der Zeit etwas Luft durchgelassen und in Folge dessen ein entsprechendes Sinken des Wassers veranlasst hätte, so konnte ich doch, da ich wiederum an einem anderen Tage das Wasser fast eine halbe Elle über der zuerst erwähnten Höhe von $18^3/_4$ stehen sah, nicht annehmen, dass die Vorrichtung nicht dicht genug hergestellt sei. Indessen, um sicher zu gehen, liess ich das Gefäss von neuem entleeren und den Versuch wiederholen. Bei diesem hielt das Wasser eben die Steighöhe inne, welche ihm zu der Zeit oder Stunde, in welcher der Versuch angestellt wurde, zukam, bis einige Tage später wiederum gewisse Schwankungen eintraten.

Aus diesem Versuch, der sich mir unerwartet darbot, konnte ich nichts anderes schliessen, als dass der Abscheu vor dem leeren Raum in dem Druck der atmosphärischen Luft bestehe, welcher das Wasser, wo

Der Abscheu vor dem leeren Raum und der Luftdruck sind identisch.

sich ein leerer Raum bietet, dazu drängt, in diesen hineinzutreten und ihn einzunehmen, und zwar so hoch, als diesem Druck entspricht.

Er ist kein unauflösbares Band.

Wenn demnach der Abscheu vor dem leeren Raum, wie die Peripatetiker wollen, ein Band wäre, welches einen leeren Raum in der Natur unmöglich macht, so müsste nothwendigerweise das Wasser das Vacuum in der Weise ausfüllen, dass es letzterem zu jeder beliebigen Höhe folgte und es einnähme. Dagegen spricht aber dieser Versuch und die offenbare Thatsache, dass das Wasser nicht über 19 oder $19^1/_2$ Ellen dem Vacuum folgt. Dass aber dieses Emporsteigen des Wassers durch den Druck der äusseren Luft veranlasst wird, geht deutlich daraus hervor, dass das Wasser nicht immer ein und dieselbe Höhe innehält. Wenn nämlich das Emporsteigen in Folge des Abscheus vor dem leeren Raum geschähe, so müsste das Wasser entweder bis zu beliebiger Höhe unbegrenzt dem Vacuum folgen, oder immer in ein und derselben Höhe stehen bleiben. Dass aber die Höhe sich ändert, ist das sicherste Anzeichen, dass nicht nur das Emporsteigen des Wassers, sondern auch die Schwankungen desselben von einer äusseren Ursache herrühren.

Die Höhe des Wassers in der Röhre hängt daher nicht von einem Abscheu der Natur vor dem leeren Raum, sondern von dem Gleichgewicht zwischen der Wassersäule und dem Luftdruck ab.

Kapitel XX.

Ueber andere derartige Versuche, welche den Druck der Atmosphäre, wie auch die Grenze, bis zu welcher der Abscheu vor dem leeren Raum wirkt, zeigen.

Nachdem auf Grund der vorhergehenden Entdeckung augenscheinlich sich erkennen liess, dass die Natur ein Vacuum zulässt, und dasjenige, was man gewöhnlich den Abscheu vor dem leeren Raum nennt, von dem hier unten herrschenden Druck der Luft herrührt [indem nämlich die äussere Luft durch ihr Gewicht das Wasser nicht nur nach dem Ort hintreibt, wo sich ein freier Raum zeigt,

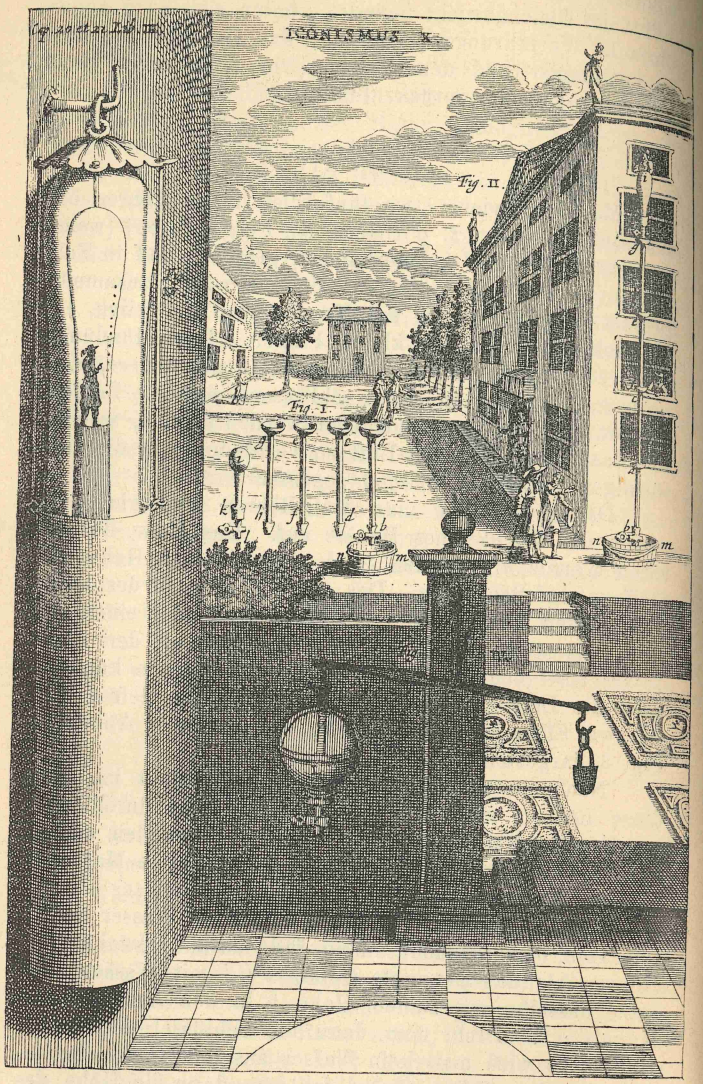
sondern es auch so hoch drückt, bis es sich mit der Luft selbst im Gleichgewicht befindet], boten sich zwei andere einfache Verfahrungsweisen dar, das Gewicht der Luft zu bestimmen und den Abscheu vor dem leeren Raum auf seine Ursache zurückzuführen.

Erste Art.

Man lasse vier, etwa fünf Ellen lange Röhren oder Kanäle *a b*, *c d*, *e f*, *g h* (Icon. X., Fig. 1, S. 60) [welche auf verschiedene Weise verbunden, getrennt und in Folge dessen zu einem längeren oder kürzeren Rohr zusammengesetzt werden können] aus Messingblech herstellen, jede so dick etwa wie der kleine Finger. Ihre Mündungen seien so eingerichtet, dass die eine in die andere, z. B. *d* in *a*, *f* in *c*, *h* in *e* gut schliessend passen. Zugleich müssen sie mit Wasser umgeben werden können, welches, um das Eindringen von Luft zu verhindern, in die napfförmigen Gefässe *a*, *c*, *e*, *g* gegossen wird.

Darauf verbinde man drei Röhren und richte sie neben der Wand eines Hauses auf. Das Ende des unteren Kanals *a b* besitze in *b* einen kleinen Hahn zum Oeffnen und Schliessen. Der obere Theil aber des dritten und vierten Rohres habe ein Mundstück oder einen Ansatz, mit welchem der Hahn *l*, der sich an dem Glasgefäss *i k l* befindet, genau verbunden werden kann, so dass die Luft keinen Zutritt erhält. (Das Gefäss *i k l* ist zwei Ellen oder darüber lang und in der V. Abbildung Fig. 3 dargestellt.)

Nachdem zuvor unter Wasser festgestellt ist, dass diese Röhren nicht die geringste Luftblase durchlassen, werden die ersten drei *a b*, *c d*, *e f* verbunden und an der Wand des Hauses aufgerichtet; das erste Mal z. B. bis zur Höhe von 15 oder 16 Ellen. Dabei sei der untere Hahn *b* geschlossen und in einen mit Wasser gefüllten Topf *m n* getaucht. Man fülle darauf sowohl diese Röhren als das genannte Gefäss *i k l* mit Wasser, und setze dasselbe mit seinem Hahn *l* in den Ansatz *e* des Kanals *e f*. Dreht man dann die Schlüssel der beiden Hähne, so wird man kein Wasser aus dem Gefäss herabsteigen sehen. Der Grund ist der, dass die Höhe des Kanals und des Gefässes zusammengenommen zwar 17



oder 18 Ellen beträgt, die äussere Luft aber stärker drückt als eine Wassersäule von 17 oder 18 Ellen Höhe. Daher kann kein Herabsteigen stattfinden. Wiederholt man aber diesen Versuch und wendet noch den Kanal *g h* dazu an, der zwei, drei oder vier Ellen lang sein mag, sodass die gesammte Höhe des Kanals mitsammt dem Glasgefässe 20, 21 oder gar 30 und mehr Ellen beträgt, so wird man das Wasser das Gefäss verlassen und innerhalb des Glaskanals auf- und niedersteigen sehen, endlich aber bemerken, dass es an der Stelle in der Schwebe bleibt, wo sich die angegebene Grenze von 18 oder etwa 19 Ellen befindet.

Das Wasser bleibt im Gleichgewicht mit dem Druck des Luftcylinders.

Bemerkung.

Es ist nicht von Belang, ob die Röhren einen kleinen oder einen grossen Durchmesser haben. Das Wasser drückt nämlich in der weiten, unter im übrigen gleichen Umständen nicht mehr, als in der engen. Es seien z. B. zwei senkrecht angebrachte Röhren *a* und *b* (Icon. VIII., Fig. 4, Seite 41), von gleicher Höhe, aber verschiedener Weite, unten mittelst einer anderen, horizontal verlaufenden Röhre *c* verbunden, sodass das Wasser aus der einen in die andere hinübergelangen kann. Wird dann die eine von ihnen, welche es auch sei, z. B. *a* mit Wasser gefüllt, so wird man letzteres in beiden unter gleichbleibender Höhe zunehmen sehen und bemerken, dass die grosse Wassermenge des weiteren Gefässes *a* jene kleinere Menge, welche sich in dem engen Rohr *b* befindet, nicht um ein Haar höher treiben kann, sondern dass das Wasser in *a* und *b* sich in gleichem Niveau befindet. Der Grund ist der, dass Luft und Wasser als flüssige Materien sich gegenseitig entsprechend der Höhe drücken, weshalb bei diesen Versuchen nicht die Menge des Wassers, sondern der senkrechte Abstand in Betracht kommt.

Nicht die Wassermenge, sondern die Höhe treibt das Wasser empor.

Zweites Verfahren.

Man bereite sich Röhren oder Kanäle vorerwähnter Art und ein Glasgefäss, welches die Chemiker gewöhnlich einen Kolben nennen [oder einen Viertelrecipienten; je grösser nämlich ein derartiges Gefäss ist, desto besser eignet es sich]. Dieses Gefäss [versehen mit Blechkapsel

und Hahn, wie im vorhergehenden 5. Kapitel beschrieben, entleere man von aller Luft und setze es mit dem an der Mauer aufgerichteten Kanal [welcher mit seinem geöffneten unteren Ende in das mit Wasser gefüllte Gefäss getaucht sein muss] bei *g* in Verbindung. Oeffnet man darauf den Hahn des Gefässes, so wird man bemerken, dass das Wasser rasch in dem Kanal bis zu der erwähnten Höhe von 19 Ellen etwa emporsteigt. Dies geschieht, weil die äussere Luft auf das Wasser in dem Gefäss *m n* drückt, das Wasser aber einen freien Raum zum Entweichen, in das entleerte Gefäss nämlich, vorfindet, und in Folge dessen so weit emporsteigt, wie die umgebende Luft vermöge ihrer Schwere das Wasser in die Höhe zu treiben vermag.

Das Wasser kann vermittelst eines Hebers nicht höher als 19 Ellen geführt werden.

Man beachte, was aus diesen Versuchen folgt:

1. Dass das Wasser mit Hülfe eines Hebers über einen Berg oder irgend einen anderen Gegenstand, der höher als 18 Ellen ist, nicht geleitet werden kann.

Bis zu welcher Höhe das Wasser durch Saugvorrichtungen geführt werden kann.

2. Dass in den Brunnenröhren mittelst Saugvorrichtungen oder Hebemaschinen, deren Ventil oder Pumpe höher als 18 Ellen gelegen ist, kein Wasser emporgehoben werden kann. Befindet sich indessen Ventil und Pumpe tiefer, so lässt sich das Wasser nicht nur bis zu jener Höhe emporheben, sondern so hoch wie das Gestänge, welches in den genannten Röhren bewegt wird, geführt werden kann.

Auch vieles andere, das bisher unverständlich war, wird durch diese Versuche aufgeklärt. Ich habe darüber in einem Antwortschreiben vom 30. December 1661 an *Caspar Schott* berichtet, welchen Brief derselbe in seiner Technica Curiosa im 1. Buch »Ueber die Magdeburger Wunder«, im 21. Kapitel abdrucken liess. Die Worte des Briefes, Seite 52 daselbst, lauten wie folgt:

»Um diesen Luftdruck jederzeit wahrnehmen zu können, habe ich mich einer eigenthümlichen Vorrichtung bedient, indem ich eine winzige, in Gestalt eines Männchen, aus Holz geschnitzte Figur anbrachte (Icon. X., Fig. 4), welche oben innerhalb der Glasröhre auf- und abstieg und an bestimmten Punkten mit dem Finger den zur Zeit vorhandenen Luftdruck anzeigt. Die Vorrichtung aber, welche sich im unteren Theile des Glases befindet, ist verdeckt, damit die Zuschauer nicht zur

Kenntniss des Geheimnisses gelangen. Das Glas ist nämlich ringsum von einem Blech eingeschlossen und gut geschützt, sodass alles in derselben Verfassung und unzerbrechlich bleibt. Diese Vorrichtung nenne ich »Semper vivum«; sie kann auch füglich »Perpetuum mobile« genannt werden, wenn sie auch nicht beständig bewegt wird, sondern nur entsprechend der Aenderung der Luft in einer ausgedehnten Region derselben. Sie ist aber nicht mit dem Thermoskop zu verwechseln, welches durch Wärme und Kälte verändert wird.

Mögen nun Euer Hochwürden und alle Freunde einer wahren Philosophie Vergnügen an diesem Versuch finden und folgendes erwägen: Vorausgesetzt, dass die Luft nicht immer dasselbe Gewicht besitzt, so muss eine gänzlich evacuirte Kugel *L* (Icon. X., Fig. 3), wenn sie in der Luft an einer genauen Wage aufgehängt wird, sobald die Luft schwerer wird, ihrerseits leichter werden, und andrerseits, wenn die Luft leichter wird, muss die Kugel schwerer erscheinen. Je schwerer nämlich das Medium ist, um so leichter wird das darin Befindliche. Da z. B. Wasser schwerer als Luft ist, wird jene Kugel, in Wasser eingetaucht, leichter sein, als wenn sie sich in der Luft befindet. Erwägt man dies, so ergiebt sich die Möglichkeit, vieles zu ergründen, z. B. ob Regen in weitem Umkreis statthat oder nicht, ob derselbe beginnt oder aufhört und dergleichen mehr. Ich habe mit Bestimmtheit, als im vergangenen Jahre 1660 jener ungeheure Sturm stattfand, auf Grund des soeben erwähnten Versuches eine besondere, ausserordentliche Veränderung der Luft wahrgenommen. Dieselbe war so leicht im Vergleich zu sonst geworden, dass der Finger des Männchens sogar unter den äussersten an der Glasröhre angebrachten Punkt herabstieg. Als ich dies sah, theilte ich den Umstehenden mit, es sei ohne Zweifel irgendwo ein grosses Unwetter ausgebrochen und kaum waren 2 Stunden verflossen, als jener Orkan auch in unsere Gegend einbrach, wenn er auch nicht so heftig auftrat, als auf dem Meere.«

Anzeige eines Unwetters durch dieses Männchen.

Kapitel XXI.

Bestimmung des Gewichtes der Luft.

Das Gewicht der Luft in zwiefachem Sinne.

Das Gewicht der Luft können wir auf zweierlei Art erkennen, je nachdem sie nämlich insgesammt oder theilweise gewogen wird. Das gesammte Gewicht nenne ich den in senkrechter Richtung von einem Luftcylinder ausgeübten Druck. So kann man sich z. B. einen Körper mit senkrechten Wänden, wie einen Cylinder, aus Luft vorstellen [wenn auch die Höhe desselben unbestimmt bleibt], dessen Grundfläche ihrem Inhalte nach z. B. so gross wie ein Pfennig, eine Goldmünze, ein Kaiserthaler ist, oder dem Kopf eines Menschen oder dem Rand einer Mütze entspricht. Ich sage nun, dass das Gewicht des Luftcylinders von dem Umfang eines Pfennigs dem Gewicht des Wassers in einer Röhre [welche den Umfang eines Pfennigs besitzt] von 19 Magdeburger Ellen gleich ist. Mit anderen Worten: Das Gewicht der Luft übt denselben Druck aus wie das Gewicht einer 19 Magdeburger Ellen hohen Wassersäule. Und dementsprechend: Das Gewicht eines Luftcylinders von dem Durchmesser eines Dukaten ist gleich dem Gewicht des Wassers in einer Röhre von gleichem Durchmesser, aber nur 19 Ellen Höhe; und so immer im Verhältniss, wie aus dem folgenden Kapitel zu ersehen ist.

Das Gewicht der Luft rings um die Erde.

Die theilweise Wägung der Luft.

Die theilweise Wägung der Luft aber kann (Icon. X., Fig. 3) nach folgendem Princip vorgenommen werden. Vorausgesetzt, dass die Luft Gewicht hat, so folgt daraus, dass, wenn ein solches Glasgefäss oder Recipient L, dessen wir im Kapitel 4, 8 und 11 Erwähnung thaten, von der darin enthaltenen Luft entleert wird, es nicht nachher ebenso viel wiegen kann wie vorher. Man bringe ein derartiges Glasgefäss an der Wage ins Gleichgewicht [und zwar mit geöffnetem Hahn, damit man sicher sei, dass das Gefäss mit Luft gefüllt ist]. Darauf pumpe man es vollständig leer. Man wird dann bemerken, dass dasselbe nach dem Herausschaffen der Luft 1 oder 2 Unzen, je nach der Grösse seines Inhalts, weniger wiegt. So wurde mein Recipient, wenn er bei mittlerem Luftdrucke ausgepumpt und gewogen wurde, 4 Loth

leichter gefunden, was so viel wie zwei Reichsthaler ausmacht. Darauf werde der Zutritt freigegeben [und zwar allmählich, damit nicht die Luft mit solcher Heftigkeit einströmt, dass das Glas zerbrochen wird]. Man wird dann nicht nur die Luft unter Gezisch eintreten hören, sondern auch sehen, wie das Gefäss allmählich sein Gewicht wieder erhält, was der glänzendste Beweis für die Schwere der Luft ist. Aus diesen Versuchen folgt nun, dass die Luft sich selbst drückt, d. h., dass sie in Folge ihrer Schwere bei uns am Boden des Luftmeeres sehr zusammengepresst und verdichtet ist, dass sie aber, je weiter wir uns von der Erde fortbegeben, ein um so geringeres Gewicht besitzt und in Folge dessen nicht so zusammengedrückt, sondern dünner oder ausgedehnter und daher leichter ist.

Die Luft drückt sich selbst.

Ebenso folgt daraus, dass die verdichtete Luft eine grössere Luftmenge enthält, als die ausgedehnte, sodass kein Unterschied an sich besteht, sondern diese Verschiedenheit auf der grösseren oder geringeren Menge beruht, welche sich immer ändert, je nachdem die Luft einen grösseren oder geringeren Raum einnimmt. Daher dehnt sie sich an hochgelegenen Orten, wo sie nicht durch ein so grosses Gewicht zusammengedrückt wird, mehr und mehr aus und nimmt einen grösseren Raum ein, bis sie sich endlich in Nichts verflüchtigt. Der ungeheure Weltraum, den sie nicht auszufüllen vermag, ist daher nothwendiger Weise leer.

Verdichtete Luft enthält eine grössere Luftmenge.

Dies ist mit dem übrigen wohl zu merken, weil es zum besseren Verständniss der folgenden Versuche beiträgt.

Ferner ist an dieser Stelle zu beachten, dass ein derartiges Glasgefäss, welches an der Wage und zwar mit geöffnetem Hahn aufgehängt ist, sein Gewicht beständig verändert. Bei wärmerem Wetter nämlich, wenn die Luft ausgedehnt ist, ist auch der Recipient leichter, bei kälterem dagegen ist er schwerer, weil er mehr Luft in sich enthält. Siehe Ende des letzten Kapitels dieses Buches.

Eine an der Wage aufgehängte Kugel ändert ihr Gewicht.

Was endlich das Gewichtsverhältniss zwischen Luft und Wasser oder auch Quecksilber anbetrifft, so haben zwar einige Gelehrte dasselbe festzustellen gesucht. Indessen da die Luft, je tiefer sie sich befindet, um so

Der wahre Unterschied des Gewichts von Luft und Wasser lässt sich nicht angeben.

zusammengepresster und daher schwerer, je höher dagegen um so ausgedehnter und in Folge dessen leichter ist, so sind alle Bemühungen in dieser Richtung vergeblich und überhaupt erfolglos.

Kapitel XXII.

Die Grösse des Druckes aufzufinden, welchen ein beliebiger Luftcylinder von gegebenem Umfang ausübt.

Den Druck eines Luftcylinders von beliebiger Grösse zu finden.

Da ein Luftcylinder in gleichem Maasse drückt, wie eine Wassersäule von 18, 19 oder höchstens 20 Magdeburger Ellen Höhe, so kann man durch Rechnung den Druck jedes beliebigen Luftcylinders ausfindig machen.

Zu diesem Zwecke wird zuerst das Gewicht eines Wassercylinders, den wir 20 Magdeburger Ellen hoch annehmen wollen, zu suchen sein, was folgendermaassen geschehen kann.

Die Magdeburger Elle wird in 100 Theile zerlegt.

1. Man theile eine Magdeburger Elle in 100 gleiche Theile. Mit denselben messe man eine Kanne oder ein Magdeburgisches Maass [vulgo ein halb Stubichen Maass] ab. Man wird finden, dass dasselbe einen Durchmesser von 19 und eine Höhe von 38 Centesimaltheilen[14]) besitzt.

Grundfläche des Magdeburger Maasses.

2. Man berechne aus dem Verhältniss des Durchmessers zum Umfang gleich 7 : 22 die Grundfläche dieses Maasses; man findet, dass sie 285 Quadratzoll beträgt.

7 — 22 — 9

19

198

22

418

418 : 7 = $59^5/_7$ als Umfang des Magdeburgischen Maasses.

3. Man multiplicire den Halbmesser mit dem halben Umfang des Kreises, so findet man die Grundfläche

$59^5/_7$ = Umfang
30 = halber Umfang
$9^1/_2$ = Halbmesser

270

15

285 Quadratzoll als Grundfläche des Magdeburgischen Maasses.

4. Wird dieses Resultat mit der Höhe 38 multiplicirt, so erhält man 10830 Kubikzoll für den Inhalt eines Magdeburgischen Maasses.

Gewicht eines Magdeburger Maasses.

5. Wird dieses Maass mit Wasser gefüllt und gewogen, so wiegt das Wasser $4^1/_8$ Pfund [oder in Decimalen 4,125], das Pfund gleich 16 Reichsthaler gerechnet.

Gewicht eines Cylinders, dessen Grundfläche gleich derjenigen des Magdeburger Maasses und dessen Höhe 20 Ellen ist.

6. Man soll aber den Inhalt und daraus das Gewicht eines Wassercylinders von 20 Magdeburger Ellen Höhe berechnen. Wie sich nun die Höhe des Magdeburgischen Maasses gleich 38 Zoll zu seinem Gewicht gleich $4^1/_8$ oder 4,125 Pfund verhält, so verhält sich die Höhe eines Wassercylinders von 20 Ellen oder 2000 Zoll zu seinem Gewicht, das demnach 217 Pfund beträgt.

Die Höhe eines Magdeburger Maasses in Zollen beträgt:	es wiegt Pfunde:	Wieviel wiegt ein Cylinder von 20 Ellen oder 2000 Zoll Höhe?
38	4,125	

Resultat: $217^4/_{38}$ Pfund.

Soviel wiegt also eine Wassersäule, die 20 Ellen hoch ist und deren Grundfläche 285 Quadratzoll beträgt.

Anderes Verfahren.

Die Grundfläche des Magdeburgischen Maasses beträgt 285 Quadratzoll; multiplicirt man diese mit 20 Ellen oder 2000 Zoll, so erhält man einen Körper von 570000 Kubikzoll Inhalt. Da aber 10830 Kubikzoll 4,125 Pfund wiegen, so ergeben 570000 Kubikzoll 217 Pfund.

10830 — 4,125 Pfund — 570000

Resultat: $217^{1130}/_{10830}$ Pfund.

Daraus lässt sich das Gewicht jedes beliebigen Luftcylinders berechnen, wenn die Grundfläche desselben bekannt ist. Wie sich nämlich die Grundfläche des Magdeburgischen Maasses 285 zu dem entsprechenden Gewicht 217 Pfund verhält, so verhält sich die Grundfläche irgend eines in Frage kommenden Cylinders zu dem gesuchten Gewicht.

Beispiel.

Der Durchmesser der Grundfläche des Cylinders betrage $^{67}/_{100}$ Ellen.

Der Durchmesser der Grundfläche eines Cylinders betrage $^{67}/_{100}$ Ellen [67 Zoll], dann wird [nach dem Verhältniss 7 : 22] der Umfang desselben 210,6 Zoll und die Grundfläche $3527^1/_2$ Quadratzoll betragen.

Da nun ein Cylinder von 285 Quadratzoll Grundfläche 217 Pfund wiegt, so wird der Cylinder, dessen Grundfläche $3527^1/_2$ Quadratzoll beträgt, 2686 Pfund wiegen.

Die Grundfläche des Magdeburgisch. Maasses	Ein über dieser Grundfläche errichteter 20 Ellen hoher Cylinder wiegt	Die Grundfläche eines Cylinders von 67 Zoll Durchmesser
285	217 Pfund	3527,5
		217
		246925
		35275
		70550
		765467,5

Dann wiegt der Luftcylinder 2686 Pfund.

$\frac{765467,5}{285} = 2685,8$. Soviel Pfund wiegt also ein Luftcylinder, dessen Grundfläche einen Durchmesser von $^{67}/_{100}$ Magdeburger Ellen besitzt.

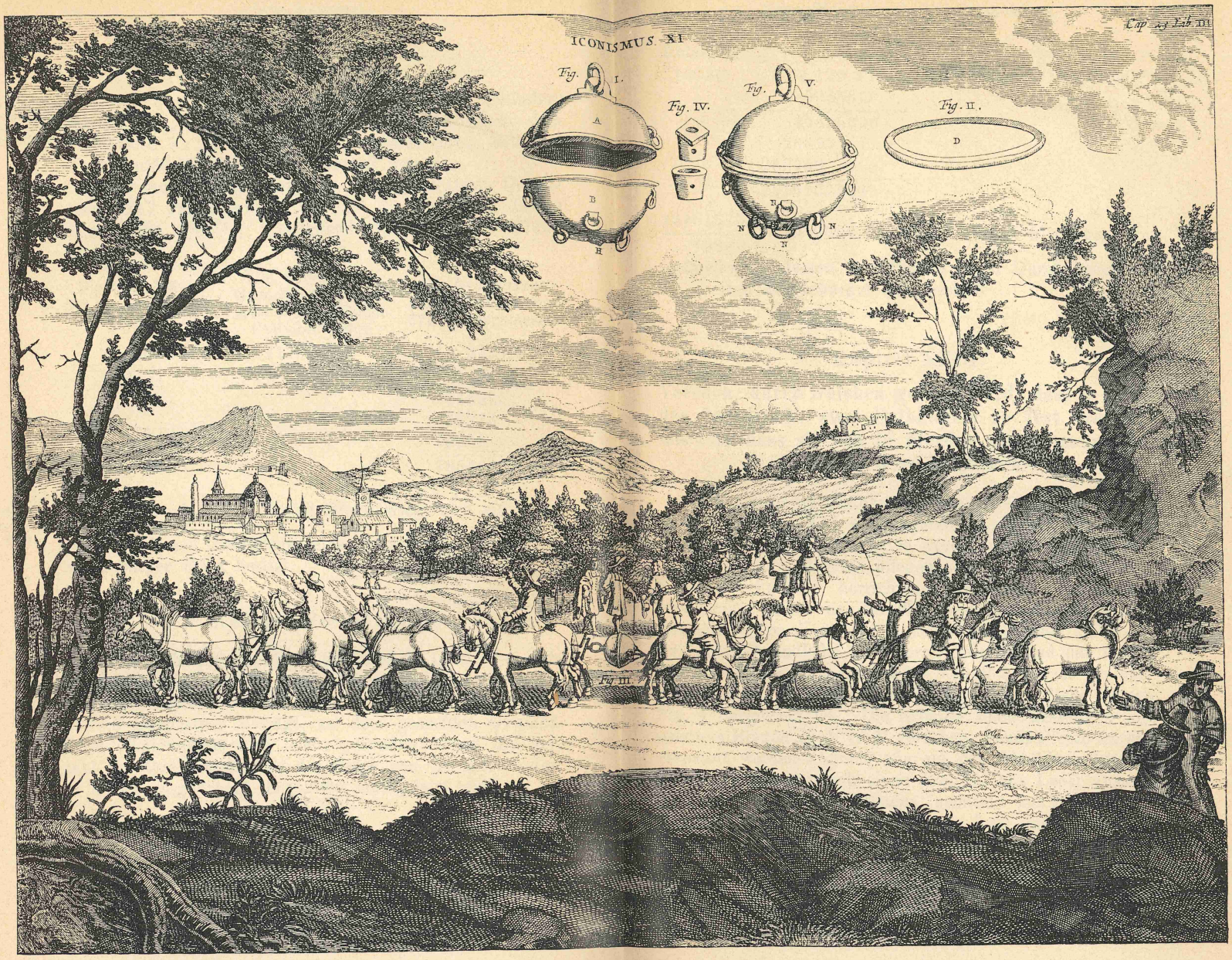
Anderes Verfahren.

Wie sich der erwähnte Kubikinhalt 10830 zu dem entsprechenden Gewicht 4,125 Pfund verhält, so verhält sich der Kubikinhalt des Cylinders [dessen Grundfläche 3527,5 Quadratzoll beträgt] zu dem gesuchten Gewicht. Dieser Kubikinhalt wird leicht gefunden, wenn die Anzahl der Quadratzolle mit der Höhe von 20 Ellen oder, in Zollen ausgedrückt, mit 2000 multiplicirt wird.

Ausrechnung.

3527,5	Quadratzoll
2000	Zoll
7055000,0	Kubikzoll.

ICONISMUS XI



Kubikzoll	wiegen	wieviel wiegen
10830	4,125 Pfund —	7055000 Kubikzoll?

7055000

20625000
20625
288750

29101875000

$\frac{29101875000}{10830} = 2687{,}1$. Soviel Pfund wiegt also der Luftcylinder, dessen Grundfläche einen Durchmesser von $^{67}/_{100}$ einer Magdeburger Elle besitzt.

Kapitel XXIII.

Versuch, durch welchen gezeigt wird, dass in Folge des Luftdrucks zwei Halbkugeln so fest vereinigt werden, dass sie von 16 Pferden nicht voneinander gerissen werden können.

Ich liess zwei Halbkugeln oder Schalen aus Kupfer *A* und *B* (Icon. XI.) von ungefähr $^3/_4$, genau [da ja die Handwerker Gefässe nicht so exact, wie von ihnen verlangt wird, zu arbeiten pflegen] von $^{67}/_{100}$ Magdeburger Ellen Durchmesser herrichten. Dieselben passten gut aufeinander und zwar war die eine mit einem Hahn oder vielmehr einem Ventil *H* versehen, mit dessen Hülfe die im Innern befindliche Luft herausgezogen und der Zutritt der äusseren verhindert werden konnte, wie es im vorhergehenden 8. Kapitel und an dieser Stelle durch Fig. 4 dargestellt ist. Die Schalen seien ausserdem mit eisernen Ringen *N N N N* versehen, damit Pferde darangespannt werden können, wie aus der Abbildung hervorgeht. Ferner liess ich einen Ring *D* aus Leder zusammennähen, der gut mit Wachs [gemischt mit Terpentinöl] durchtränkt wurde, sodass er keine Luft durchliess.

Diese Schalen habe ich, nachdem jener Ring dazwischen gebracht war, auf einander gelegt und darauf die Luft [vermittelst eines besonderen Kanales *f g h i*, der auch im vorerwähnten Kapitel 8 in der VII. Abbildung Fig. 4 gezeichnet ist] schnell herausgepumpt. Ich sah,

mit welcher Kraft die beiden Schalen, zwischen denen sich jener Ring befand, vereinigt wurden. Von dem Druck der äusseren Luft zusammengepresst, waren sie so fest verbunden, dass sechzehn Pferde sie nicht oder nur schwierig voneinander reissen konnten. Gelang es aber endlich, mit Aufbietung aller Kraft, sie zu trennen, so verursachte dies ein Geräusch wie ein Büchsenschuss.

Nach Eintritt der Luft können die Schalen leicht getrennt werden.

Sobald aber durch Oeffnung des Hahnes *H* der Luft Zutritt gegeben wird, können sie schon mit den Händen getrennt oder von einander gerissen werden. Damit man aber genau wisse, wie gross das Gewicht ist, welches diese Schalen so heftig zusammendrückt, bestimme man aus dem vorhergehenden Kapitel das Gewicht desjenigen Luftcylinders, dessen Durchmesser $^{67}/_{100}$ einer Magdeburger Elle beträgt. Wir haben dort dieses Beispiel in der Absicht gewählt, damit das Verständniss dieses Versuches um so leichter ermöglicht werde.

Der Druck, welcher die Schalen zusammenpresst.

Man findet nämlich das Gewicht dieses Cylinders gleich 2686 oder 2687 Pfund angegeben, woraus folgt, dass der Luftdruck die eine dieser Schalen gegen die andere mit der Kraft von 2686 Pfund presst. Die andere Schale übt aber einen gleichen Gegendruck aus. Es müssen daher 8 Pferde einen Zug von 2686 Pfund ausüben, um die Schale loszureissen, ebenso 8 von der anderen Seite, um die zweite Schale durch den gleichen Zug von 2686 Pfund zu entfernen.[15])

Wenn auch 8 Pferde einen mit 2686 Pfund belasteten Wagen ohne grosse Mühe fortziehen können, so ist doch in diesem Falle die Ausübung des Zuges schwieriger, da sie gegen den ganzen Luftcylinder und sozusagen mehr gegen die Natur gerichtet ist, als beim Fortziehen eines Gewichtes mittelst eines Wagens.[16]) Es folgt daraus,

Auf welche Weise sie durch ein Gewicht voneinander gerissen werden können.

dass, wenn die Schalen verbunden aufgehängt und am unteren Ende 2686 Pfund befestigt würden, die untere Schale von der oberen durch dieses Gewicht abgezogen oder fortgerissen werden könnte. Zu beachten ist nur [weil der Luftdruck bisweilen grösser, bisweilen kleiner ist], dass dieses Gewicht auch entsprechend der Beschaffenheit der Luft sich ändert. Dieses Gewicht stellt demnach [allerdings je nach den Abmessungen oder vielmehr der Grundfläche des bezüglichen Cylinders] die ganze Masse des Himmels vor. Wenn daher Jemand letztere,

d. h. das Gewicht der gesammten Luftmasse rings um die Erde, zu wissen wünschte, müsste derselbe zuerst durch Rechnung die Oberfläche der Erde in Quadratmeilen ausdrücken, diese dann in Quadratellen verwandeln und darauf nach der goldenen Regel, wie sie im vorhergehenden Kapitel auseinandergesetzt ist, verfahren. So wird er das gesuchte Gewicht finden.

Was unter der Masse des Himmels zu verstehen ist.

Endlich ist hieraus zu entnehmen, dass die Erde [da die umgebende Luft ihr eigenes bestimmtes Gewicht hat] ein besonderer und für sich bestehender Weltkörper ist, der sich frei erhält und nicht in irgend einer himmlischen Materie enthalten oder davon umgeben ist.

Die Erde bildet zusammen mit der Luft einen besonderen Weltkörper.

Kapitel XXIV.

Anderer Versuch, bei welchem die Halbkugeln nicht von 24 Pferden, wohl aber durch Zutritt der Luft getrennt werden können.

Beim Voneinanderreissen dieser Schalen findet fast immer irgend eine Beschädigung statt. Zumal beim Fallen und Anstossen gegen den Boden, wenn sie nämlich durch Pferde voneinandergezogen werden, verlieren sie leicht ihre vollkommene Rundung. Ich liess daher zwei andere grössere herstellen, welche eine Elle Durchmesser besitzen sollten [die Handwerker halten aber selten das vorgeschriebene oder gegebene Maass für derartige Gefässe inne. So fand ich, dass der Durchmesser dieser meiner Schalen nur $^{95}/_{100}$ einer Magdeburger Elle betrug], damit sie durch 24 Pferde nicht voneinandergerissen, von jedem aber durch Hinzulassen der Luft getrennt werden könnten.

Grössere Halbkugeln können nicht von 24 oder gar 30 Pferden voneinandergerissen werden.

Die Berechnung folgt hier nach dem im Kapitel 22 angegebenen Verfahren, nämlich:

$$\begin{array}{r} 7 - 22 - 95 \\ \quad 22 \\ \hline \quad 190 \\ \quad 190 \\ \hline \quad 2090 \end{array} \qquad \frac{2090}{7} = 298{,}5 = \text{Umfang.}$$

298,5 = Umfang
149,3 = halber Umfang
47,5 = Halbmesser

7465
10451
5972

7091,75 = Grundfläche des Cylinders.

Grundfläche des Magdeburg. Maasses	Gewicht desselben[17]	Grundfläche des gegebenen Cylinders
285	217 Pfund	7092
		217
		49644
		7092
		14184
		1538964

$\frac{1538964}{285}$ = 5399 Pfund wiegt der in Frage kommende Cylinder.

Anderes Verfahren.

Kubikinhalt des Magdeburgischen Maasses	Das entsprechende Gewicht	Was wird eine Wassersäule wiegen, deren Grundfläche 7092 Zoll, deren Höhe 20 Ellen = 2000 Zoll beträgt?
570000	217 Pfund	14184000
		217
		99288000
		14184
		28369
		3077928000

$\frac{3077928000}{570000}$ = 5399 Pfund als Gewicht des Luftcylinders, dessen Durchmesser $^{95}/_{100}$ Ellen beträgt.

Wenn aber nach dem vorhergehenden Kapitel 16 Pferde erforderlich sind, um einen Druck von 2686 Pfund zu überwinden, wieviel werden dann nöthig sein, einen Zug von 5400 Pfund auszuüben? Man findet unter Anwendung der goldenen Regel, dass dazu 34 Pferde erforderlich sind.

Sind also nur 24 Pferde angeschirrt, so werden dieselben gewiss nicht die Halbkugeln voneinanderreissen, sondern letztere werden zu einer Kugel verbunden bleiben. Damit aber etwas eintritt, ist der Hahn [siehe Icon. XI., Fig. 4] unserer Schale unten mit einem Ventil versehen, durch welches mittelst einer Spritze Luft hineingelangen, nicht aber zurücktreten kann. Wird daher zunächst der Hahn geöffnet, so dass die Luft eindringt und die Kugel füllt, darauf mit Hülfe einer Spritze drei oder vier Mal Luft hineingetrieben, so fallen die Halbkugeln von selbst auseinander. Wir können daher in Wahrheit sagen, dass das, was 24 Pferde, ja selbst [wenn nämlich die Halbkugeln grösser gewählt werden] 100 und mehr nicht voneinanderzureissen vermögen, auf diese Weise von einem Menschen durch das Hinzutretenlassen der Luft getrennt werden kann.

Wie durch Einlassen der Luft die Schalen getrennt werden.

Grössere Halbkugeln können nicht durch 100 Pferde voneinander gerissen werden.

Kapitel XXV.

Versuch, welcher darthut, dass sich die vorerwähnten Halbkugeln durch ein Gewicht voneinander reissen lassen.

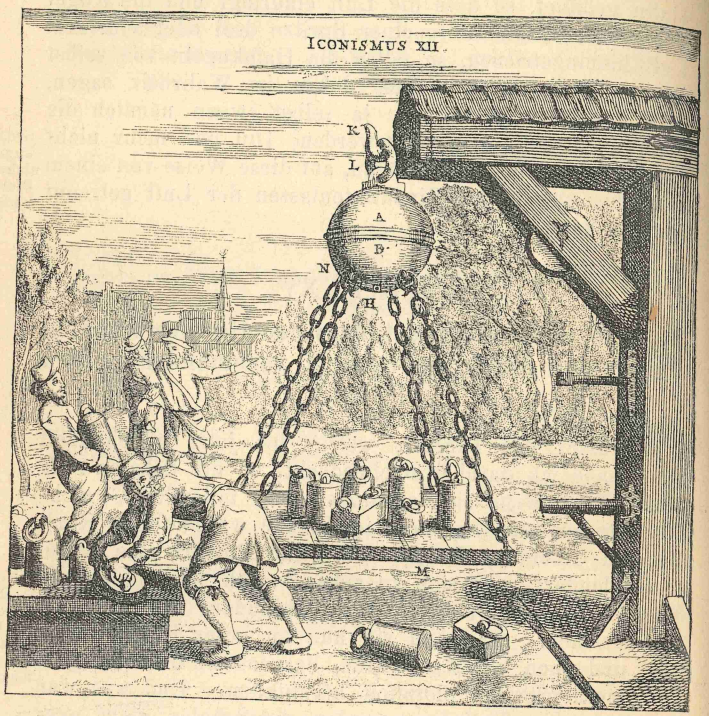
Ausser den Dingen, welche bis jetzt abgehandelt sind, habe ich darüber nachgedacht, ob die Schalen *AB* (Icon. XII.), wenn sie vermittelst eines fallenden Gewichtes getrennt würden, nicht im Stande wären, einen Knall wie ein Geschütz, das mit Hülfe des Pulvers eine Kugel fortschleudert, von sich zu geben? Ich liess daher die Schalen in der früheren Weise verbinden und die Luft herausziehen. Nachdem sie nun zu einer Kugel vereinigt und oben befestigt waren, liess ich ein daranhängendes Centnergewicht plötzlich herabfallen. Und was war der Erfolg? Trotzdem wurden die Schalen nicht auseinandergerissen! Ferner lag die Gefahr nahe, dass das aufgehängte Gewicht unversehens und plötzlich herabstürzte und einen der herumstehenden Zuschauer verletzte oder gar tödtete. Nachdem daher ein dritter Versuch und zwar mit negativem Erfolge gemacht war, da sich die Schalen nicht trennten, so oft auch ein Ruck stattfand, gab ich dies Unternehmen gänzlich auf.

Versuch, die Halbkugeln durch ein fallendes Gewicht voneinander zu reissen und so einen Knall hervorzurufen.

Damit aber die kleineren Schalen, welche ich

Kapitel 23 erwähnte, nicht vergebens hergestellt zu sein schienen [ich konnte nämlich nicht jederzeit über die erforderliche Anzahl Pferde verfügen], liess ich auf dem Hofe meiner Besitzung und zwar in dem Winkel des hölzernen Zaunes, durch den mein Garten begrenzt ist, einen aufrechten Pfahl in die Erde pflanzen, an dessen oberem Ende ein Querbalken oder Arm angebracht wurde.

Siehe die erwähnte Abbildung.



Dieser war mit dem eisernen Haken K versehen, an welchem beide Schalen, nachdem sie verbunden und leergepumpt waren, mittelst des eisernen Ringes L aufgehängt werden konnten. Darauf wurde ein viereckiges Brett M angebracht [wie es die Waagemeister der Handelsplätze beim Abwägen der Waaren benutzen]. Dasselbe wurde an seinen Ecken mit vier Ketten versehen, die an jenen vier [an der mit dem Ventil H versehenen Halbkugel

Wie verfahren wurde, um durch ein Gewicht die Schalen voneinander zu reissen.

befindlichen] Ringen $N\,N$ befestigt wurden. Auf dieses Brett legte man darauf ein Gewicht, das hinreichend schwer war, die Schalen voneinanderzureissen.

Wir haben nun das Gewicht der Luft, mit welchem sie die Erde drückt, im Kapitel 22 hinreichend erläutert und im Kapitel 23 ausführlich gezeigt, dass dasselbe für jede Schale 2686 Pfund beträgt. Daraus lässt sich entnehmen, dass die Schalen oder die aus ihnen gebildete Kugel, wenn man 2686 Pfund auf das Brett legt, voneinandergerissen werden. Diese Trennung erzeugte zwar ein Geräusch, aber wohl ein dumpferes, als wenn die Trennung durch ein fallendes Gewicht gelungen wäre. Die Ursache dieser Erscheinung ist darin zu suchen, dass die Gewichte nicht mit einem Male, sondern nach und nach auf das Brett gelegt werden. Da ferner die Schalen nicht allseitig in gleichem Maasse, sondern an einer Stelle etwas mehr belastet werden, so werden sie auch nicht gleichmässig getrennt, sondern die Luft tritt von einer Seite vorzugsweise und nicht ringsum mit einem Male in sie hinein.

Das Gewicht zu finden, welches die Schalen voneinander zu reissen vermag.

Kapitel XXVI.

Versuch, welcher zeigt, dass durch den Luftdruck alle Gefässe zusammengepresst und zerbrochen werden können.

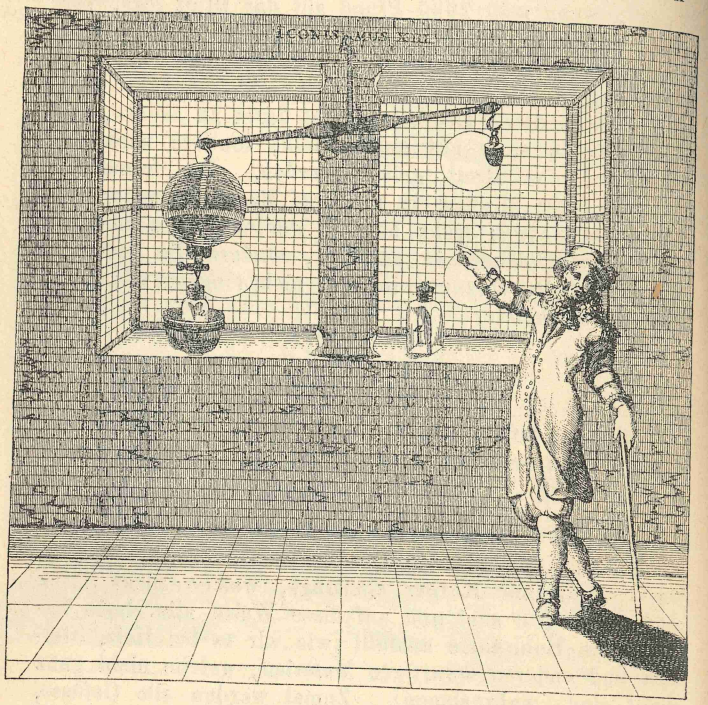
Da die umgebende Luft bei uns an der Erdoberfläche einen bedeutenden Druck ausübt, so folgt daraus, dass sie in alle Körper eindringt, welche nicht durch und durch fest sind und auf diese Weise alle darin befindlichen Hohlräume ausfüllt [wie wir es bei Holz, Steinen und anderen derartigen Materien, welche nicht ganz dicht sind, wahrnehmen]. Zumal werden alle Gefässe, selbst wenn sie nur enge Oeffnungen haben, im Innern mit Luft gefüllt sein. Andrerseits würde ein derartiges Gefäss, falls es nicht gefüllt wäre, wegen des so bedeutenden Druckes der Luft nicht bestehen können, sondern von der umgebenden Luft zusammengepresst werden, ausgenommen den Fall, dass es vollkommen rund gearbeitet ist. Man nehme z. B. jenes Recipient genannte Glasgefäss L [von dem wir im Kapitel 21, Abbildung 10.

Die Luft füllt alle Hohlräume aus.

Also befindet sie sich auch in allen Gefässen.

Fig. 3 gehandelt haben]. Man evacuire dasselbe völlig und setze damit die viereckige Glasflasche *a* in Verbindung, die sich an den Hahn des Recipienten dergestalt anschliessen lässt, dass keine äussere Luft hinzutreten kann, wie aus der Figur zu ersehen ist (Icon. XIII.).

Darauf bringe man darunter den Topf *b* an [damit keine Glassplitter durch das Zimmer geschleudert werden] und öffne allmählich den Hahn. Man wird dann die in



der Flasche enthaltene Luft mit einem Zischen in das obere entleerte Glas steigen hören. Die Flasche kann aber der äusseren Luft, welche dieselbe umgiebt, nicht genügend Widerstand leisten, und wird nothwendigerweise, da sie nicht vollkommen rund ist, in sich zusammengedrückt und in tausend oder mehr Stücke zerschmettert. Zugleich verursacht die äussere Luft, indem sie in den leeren Raum der Flasche eindringt, einen lauten Knall.

Evacuirte Gegenstände, welche nicht vollkommen rund sind, werden von der äusseren Luft zusammengedrückt.

Sind indessen die Gefässe rund, so werden sie nicht zerbrochen, sondern bleiben, weil die runde Form ein Zusammendrücken nicht zulässt, unverletzt. Wenn sie aber nicht vollkommen rund sind, so ist zu befürchten, dass sie Schaden nehmen. Solches erfuhr ich selbst zu meinem Nachtheil, als ich von einem Arbeiter jene Metallkugel herstellen liess, deren ich oben im dritten Kapitel Erwähnung gethan habe. Da dieselbe nämlich nicht vollkommen rund war, wurde sie von der aussen befindlichen Luft so zusammengedrückt, wie es dort erzählt ist.

Daraus folgt weiter, dass, wenn ein Mensch in einen solchen Recipienten hineinathmete, er sogleich sterben würde, denn die äussere Luft würde durch ihren Druck nicht nur alle Lebensluft aus dem Körper des Menschen oder eines beliebigen Thieres in das entleerte Gefäss drücken, sondern auch den Körper selbst mit allen seinen Eingeweiden sehr verletzen.

Wenn jemand in ein evacuirtes Gefäss athmete, würde er sofort sterben.

Kapitel XXVII.

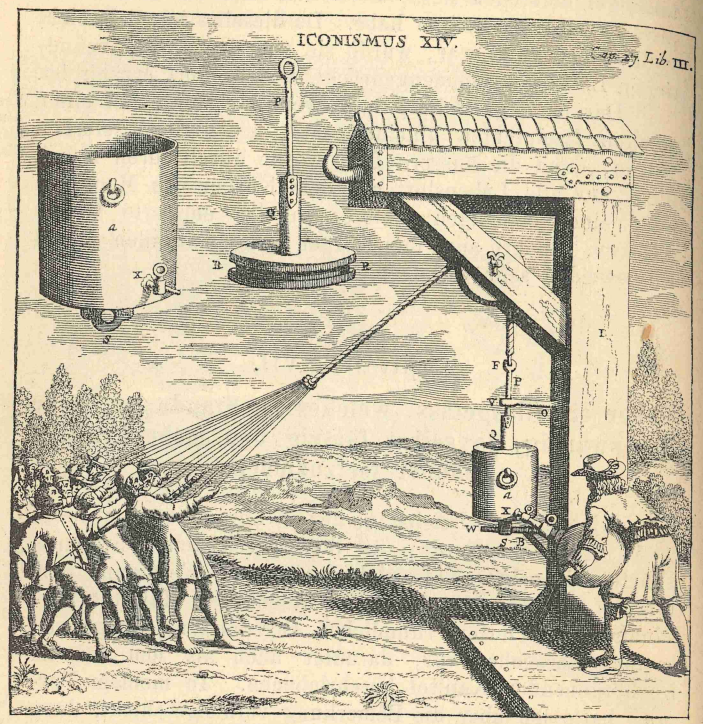
Ueber ein Glasgefäss, welches im Stande ist, mehr als zwanzig, ja selbst fünfzig und mehr kräftige Männer fortzuziehen.

Als ich dem Reichstag, der in Regensburg im Jahre 1654 gehalten wurde, in Staatsgeschäften beiwohnte, führte ich seiner Kaiserlichen Majestät, Ferdinand dem Dritten, sowie seiner Königlich Römischen Majestät Ferdinand dem Vierten, rühmlichen Angedenkens, einige von meinen Versuchen vor, darunter auch als neu den im vorhergehenden Kapitel beschriebenen. In meinem Vortrag hatte ich aber die Bemerkung vorausgeschickt, dass, wenn ein Mensch seinen Athem in dieses Recipient genannte Glasgefäss bliese, derselbe gleichzeitig seinen Geist aushauchen müsse. Der Fürst von Auersberg, der Hofmeister seiner Königlichen Majestät, konnte aber nicht dazu bewogen werden, dass er diesen meinen Worten Glauben schenkte. Er wolle erst mit eigenen Augen gesehen haben, was mit der Glasflasche geschehen sei. Es kam aber damals etwas anderes hinzu, in Folge dessen alle meine Resultate als unsicher in Zweifel gezogen zu

Versuch, welchen der Autor seiner Kaiserlichen Majestät auf dem Reichstage zu Regensburg im Jahre 1654 zeigte.

Durch das Glasgefäss können 20 oder 30, ja selbst 50—100 Männer ortgezogen werden.

werden schienen. Deshalb stellte ich einen neuen Versuch an, um die Wahrheit meiner Behauptung in anderer Art sicher und offenkundig darzuthun, dass nämlich dieses Glasgefäss mehr als 20 oder 30, ja wenn man will, selbst 50 oder 100 Männer bezwingen und [wenn sie nicht aufhören zu ziehen] niederstrecken könne.



Einrichtung des Apparats.

Es wurde ein kupfernes Gefäss a von der Form eines Kessels (Icon. XIV.) von dem Metallarbeiter hergestellt, mit dem Unterschied, dass die Seiten desselben wie bei einem Cylinder genau parallel und senkrecht waren. Dasselbe war über eine Elle hoch, an Umfang aber den kleineren, Kapitel 23 beschriebenen Schalen gleich. Am unteren Ende desselben war ein aus Zinn hergestellter Henkel angebracht.

Zweitens wird ein diesem Kessel genau entsprechender Stempel $P\ Q\ R$ hergestellt. Der Theil P wird aus Eisen, Q aber aus Holz, der Stempel R aus einem starken Brett verfertigt. Letzterer wird nach Art einer Brunnenwinde mit einer Rille versehen, sodass um denselben Lein oder Werg gewunden und er in den Kessel a [wie Stempel und Kolben der Spritzen, welche bei Bränden gebraucht werden] so eingefügt werden kann, dass weder Luft noch Wasser ein- oder auszutreten vermögen.

Drittens wird der Kessel a an jenen starken Pfahl I herangebracht und an dem eisernen Arm $B\ W$ [welcher dem Pfahl fest eingefügt ist] vermittelst des erwähnten Henkels S befestigt. Darauf wird der Stempel $P\ Q\ R$ in den Kessel hinabgelassen, ferner der eiserne Stab $Q\ P$ in die Rille V des zweiten eisernen Armes $O\ V$ so eingesetzt, dass der Stempel in gerader Richtung ohne das geringste Schwanken emporgezogen und hinabgelassen werden kann, und zwar nicht höher als bis zu dem hervorstehenden Theil Q.

Anwendung.

Nachdem viertens auf diese Weise der Kessel an dem Pfahl befestigt und der Stempel mit dem Kolben soweit wie möglich in denselben hinabgelassen ist, wird das Seil, an welchem der eiserne Haken F befestigt wurde, durch die Rolle T herabgelassen. Der Haken wird dann mit dem Stempel P verbunden und der Hahn geschlossen. Darauf mögen zwanzig oder mehr Männer den Strick in die Hand nehmen und sich mit Ziehen abmühen. Dieselben werden zwar jenen Stempel bis zur Mitte etwa emporheben, aber nicht im Stande sein, ihn völlig herauszuziehen.

Fünftens wird der oft genannte Recipient mit dem Hahn X in der Weise verbunden, dass keine Luft daneben eindringen oder heraustreten kann [unterdessen mögen die erwähnten Männer so viel wie möglich reissen, es wird ihnen dennoch das Herausziehen des Stempels nicht gelingen]. Werden darauf beide Hähne [z. B. erst der des Recipienten, darauf derjenige des Kessels] geöffnet, so bewegt sich der Stempel $P\ Q\ R$ sofort gegen den Boden, sodass alle Anstrengung jener Männer vergeblich ist. Ich wage daher zu behaupten, dass dieses Glasgefäss 20, 30 oder mehr Männer [ja wenn die Apparate grösser gewählt werden, selbst 100] an sich zu ziehen

vermöge. Und dasselbe sollte nicht einmal einen Menschen an sich ziehen und alle Eingeweide desselben zerreissen können?

Ursache dieses Vorgangs.

Als Ursache dieses ganzen Vorgangs ist der Luftdruck zu betrachten, welcher, wenn die Luft aus dem Innern des Kessels herausgezogen wird, den Kolben des Stempels sofort herabdrückt[18]). Da nun der Kessel an Umfang den Halbkugeln [Kapitel 23] gleich ist, so beträgt der Luftdruck 2686 Pfund, welcher so plötzlich wirkenden Kraft 20 oder 30, ja selbst 50 Männer nicht das Gleichgewicht zu halten vermögen.

Kapitel XXVIII.

Ein ungeheures Gewicht empor zu heben.

Auf welche Weise ein fünfzehnjähriger Knabe eine ungeheure Last emporheben kann.

Mit dieser soeben beschriebenen Vorrichtung vermag ein zwölf- oder fünfzehnjähriger Knabe ein noch so schweres Gewicht aufzuheben.

Man lasse den Kessel *a* (Icon. XV.) an dem Balken *I* in seiner Lage. Ist dann der Stempel *R* bis zum Rande des Kessels herausgezogen, so führe man eine Kette über die Rollen *T* und *H* [die an dem Haken *K* angebracht ist] und befestige sie an dem einen Ende vermittelst des Hakens *F* in *P* an dem Stempel *Q P*. Am anderen Ende *N* verbinde man diese Kette mit dem Brett, welches das genannte Gewicht von 2686 Pfund trägt.

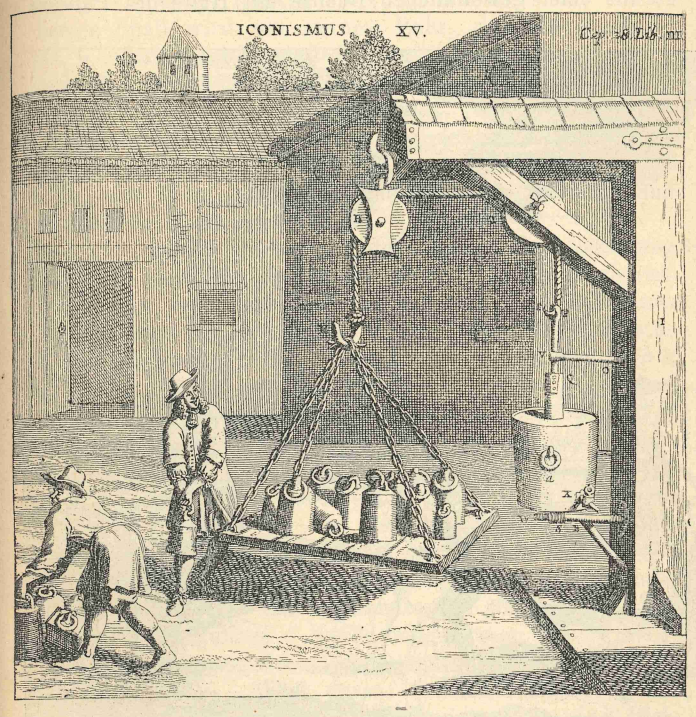
Darauf verschaffe man sich eine Spritze [die nicht zu weit sein darf, sodass sie ein Knabe handhaben kann], verbinde dieselbe mit dem Hahn *X* und lasse dann durch einen Knaben den Stempel bewegen. Auf diese Weise wird die Luft aus dem Kessel herausgezogen und der Stempel *R* gleitet langsam und allmählich in den Kessel hinab, während das Brett, welches die Last von 2686 Pfund trägt, gehoben wird.

Falls es sich darum handeln sollte, ein grösseres Gewicht zu heben, müsste man dem Kessel einen bedeutenderen Durchmesser geben, der im richtigen Verhältniss zur Grösse des in Frage kommenden Gewichtes stände. Die

bezügliche Berechnung würde sich nach Kapitel 22 leicht anstellen lassen.

Den Aenderungen des Luftdrucks entsprechend ändert sich auch das Gewicht der Last.

Man beachte, dass das Gewicht der Luft nicht immer dasselbe ist, sondern sich bisweilen sogar um ein zwanzigstel ändert [wie wir Kapitel 31 zeigen werden]. Die

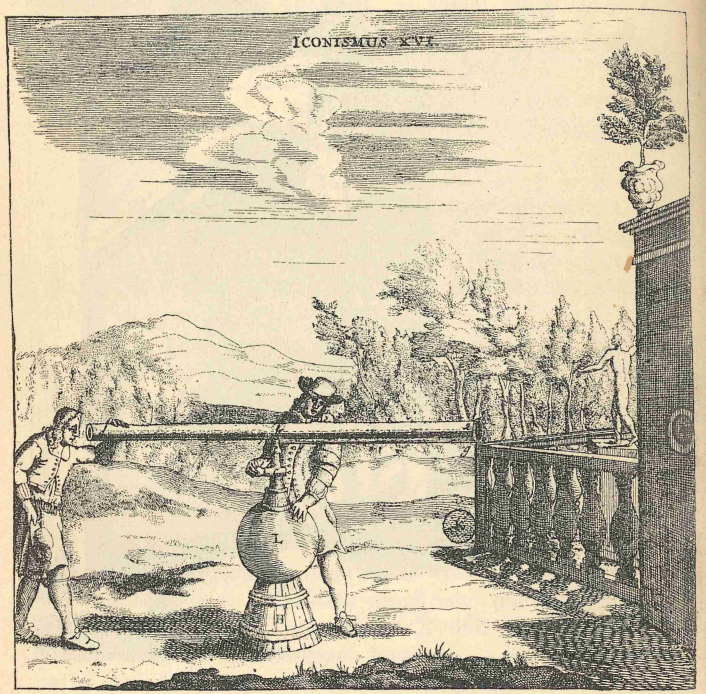


Luft wird daher nicht immer ein gleichgrosses Gewicht zu heben vermögen. Man kann diese Verschiedenheit an den Fingern des in dem Glasrohr schwebenden Männchens ablesen und genau berechnen und so einen bestimmten Druck der Luft für jeden Augenblick feststellen oder auch den Unterschied angeben.

Kapitel XXIX.

Eine neue, zuvor niemals gebräuchliche Windbüchse.

Vor Jahren wurde ein Verfahren erfunden[19]), die Luft in einem eisernen oder Bronzerohr so zusammenzudrücken, dass eine Bleikugel mit der Kraft etwa, wie es aus einer gewöhnlichen Büchse mit Hülfe des Pulvers



geschieht, damit fortgeschossen werden kann. Was andere bei diesen gebräuchlichen Windbüchsen durch einen Ueberfluss an Luft bewirken, verrichte ich mit Hülfe des luftleeren Raumes, also auf umgekehrtem Wege, in folgender Weise.

Einrichtung dieser Windbüchse.

Man stelle aus Messingblech eine Röhre *a b d* von einem Durchmesser her, welcher den Bleikugeln, die man

fortzuschleudern wünscht, entspricht. An dem einen Ende wird eine Art Ventil aus Messing (Icon. XVI.) [ähnlich dem Ventil, das Iconismus V, Fig. 1, *b* gezeichnet wurde] angebracht, in welches eine lederne Scheibe *K* hineingesteckt werden kann, welche die Oeffnung *a* verschliesst. Die Röhre besitze auf ihrer unteren Seite bei *g* einen Spalt, welcher einen halben Finger lang und etwa so breit wie der Rücken eines Speisemessers ist. Unter diesem Spalt wird ein engeres Rohr, das von *a* oder *g* bis *b* oder *e* reicht und in den Ansatz oder Kegel *e* ausläuft, mit dem vorerwähnten Kanal *a b* vereinigt. Und zwar muss dieser Blechansatz von solcher Weite sein, dass er den Hahn *c* des Recipienten *L* genau aufnimmt. Ist dies nicht der Fall, so werde der Hahn mit Lein oder Werg umwickelt und gegen jeden Ein- und Austritt der Luft geschützt.

Gebrauch dieser Windbüchse.

Dies ist die Herstellung der Büchse; die Anwendung derselben geschieht folgendermaassen: 1. Ein Recipient, der vorher von aller Luft entleert ist, wird auf einen ausgehöhlten Schemel, eine offene Tonne *H*, oder eine andere derartige Stütze gelegt. 2. Der Kanal *a b d* werde vermittelst des kegelförmigen Ansatzes *e* mit dem Hahn *c* des Recipienten verbunden. 3. Die Scheibe *K* [welche aus Cordova-Leder hergestellt und mit einem runden, eigens hierzu verfertigten Eisen, wie es die Schuster gebrauchen, durchstochen sein muss] werde auf jenes Messingventil vor die Oeffnung *a* gelegt. 4. Die Bleikugel, welche die Höhlung des Kanals *a b d* vollkommen ausfüllen muss, wird in die Mündung *d* gesteckt und die Büchse auf ein bestimmtes Ziel gerichtet. 5. Der Schlüssel des Hahnes *c* werde mit grosser Geschwindigkeit einmal herumgedreht. Zu gleicher Zeit erfolgt plötzlich der Schuss. Wird darauf von neuem eine andere Lederscheibe *K* dem Ventil bei *a* eingefügt, eine Bleikugel in die Mündung *d* gebracht und wiederum schnell der Schlüssel des Hahns gedreht, so erfolgt ein zweiter Schuss. Dies kann so lange wiederholt werden, bis der Recipient mit Luft gefüllt ist.

Auf diese Weise kann mit Hülfe eines Glasgefässes geschossen werden. Doch hat dies Instrument noch nicht die höchste Vollendung erreicht, sondern vieles lässt sich noch durch die Lehrmeisterin Erfahrung daran verbessern.

Letztere lehrt auch, dass die Länge des Kanals $a\,b\,d$ mit der zu schleudernden Bleikugel in Proportion gesetzt werden muss. So habe ich beobachtet, dass, als der genannte Kanal eine Länge von $4^1/_2$ Ellen hatte, die Kugel bei weitem kräftiger geschleudert wurde, als wenn er auf drei Ellen verkürzt war.

Kapitel XXX.

Versuche, durch welche gezeigt wird, dass der Luftdruck sich mit der Höhe ändert.

Die untere Luft ist mehr zusammengedrückt und in Folge dessen schwerer.

Da jene Wirkungen, die man sonst wohl dem Abscheu vor dem leeren Raum zuschreibt, auf dem Druck der Luft beruhen, so folgt daraus, dass die unteren Schichten der Luft in Folge des Druckes der oberen dichter und schwerer sein müssen. Je nach der Höhe wird dieser Unterschied grösser oder geringer sein.

Auf Bergen ist die Luft weniger zusammengedrückt.

Daraus folgt weiter, dass auf Thürmen und Bergen jener vermeintliche Abscheu vor dem leeren Raum schwächer sein muss, oder dass an hochgelegenen Orten die Luft nicht so stark drückt, als in den tieferen, der Erde benachbarten Schichten. Zum Beweise kann jenes Glasgefäss L dienen [bezüglich dessen Abbildung VIII eingesehen werden mag], welches Recipient genannt wird und sich [mit geöffnetem Hahn] an einem tieferen Ort, z. B. in der Kirche oder auf dem Kirchhof, befinde. Dasselbe werde nach Abschluss des Hahns auf die Spitze des Thurmes gebracht und dort geöffnet. Es wird dann Luft heraustreten. Wird nun der Recipient dort wieder verschlossen an den tiefer gelegenen Ort gebracht und geöffnet, so zieht er Luft in sich hinein.

Versuch über die Verschiedenheit des Luftdrucks je nach der Höhe.

Daraus geht deutlich hervor, dass an hochgelegenen Orten die Luft nicht so stark zusammengedrückt ist als an tieferen, dass folglich der Luftcylinder auf Höhen immer an Höhe und Gewicht abnimmt. Wenn man diesen Versuch anstellt, so ist darauf zu sehen, dass in der Kirche zur selben Zeit die gleiche Lufttemperatur herrsche wie ansserhalb. Ist es nämlich in der Kirche warm und auf der Höhe des Thurmes kalt, so wird der Erfolg dieses Versuchs in Frage gestellt. In diesem Falle wird

man gut thun, den Hahn ausserhalb der Kirche an einem Orte, wo dieselbe Temperatur herrscht wie auf der Spitze des Thurmes, zu schliessen, und den Recipienten nach Abschluss des Hahns auf die Spitze des Thurmes zu bringen, oder auch mit einem Seil hinaufzuziehen und dann dort den Versuch anzustellen.

Anderer Versuch mit Hülfe von Quecksilber.

Andere haben die Abnahme des Luftdrucks durch das Sinken des in einer Glasröhre eingeschlossenen Quecksilbers, je nach der verschiedenen Höhe des Berges [worüber wir im Kapitel 34 schreiben werden] zu beweisen gesucht. So nahm Herr *Pascal*[20]) in Paris wahr, dass am Fusse eines Berges das in eine Glasröhre gegossene Quecksilber auf etwa 27 Zoll gefallen war. In einer höheren Region, ungefähr 156 Klafter weiter oben, sah er, dass die Quecksilbersäule innerhalb der Röhre nicht mehr und nicht weniger als 25 Zoll maass. Auf dem Gipfel endlich der Anhöhe, 206 Klafter über dem Fusse, betrug die Länge der Quecksilbersäule etwa 24 Zoll.

Ich habe ebenfalls in dieser Frage vor 4 Jahren einen Versuch am Brocken unternommen. Auch ging am Fuss des Berges alles gut von Statten; als ich aber jene Glasröhre, die in einer Blechbüchse verschlossen war, dem Diener zum Tragen gegeben hatte, zerbrach derselbe sie durch einen Fall und vereitelte dadurch das ganze Unternehmen.

Wie sich nun auch die Sache verhalten mag; es ist nichts Anderes die Ursache dieser Erscheinung als die Luft, welche auf der Spitze der Thürme und dem Gipfel der Berge weniger von der oberen Luft gedrückt wird als die mittleren und unteren Schichten. Daher ist sie dort leichter, was bewirkt, dass die Quecksilbersäule sich verkürzt.

Doctor Deusing widerspricht diesem Versuch.

Sonderbar ist es daher fürwahr, dass Herr Dr. *Deusing* in seiner »Abhandlung über das Vacuum« Herrn *Pecquet*[21]), der auch diese Meinung begünstigt, angreift und ihm folgendes vorhält: »Wenn die unteren Schichten der Luft von den darüber befindlichen so sehr zusammengepresst würden, dass erstere sogar dichter und schwerer wären, so folgt daraus, dass wir Sterblichen in der untersten Region die gesammte Masse der über uns befindlichen Luft mit unserem Scheitel tragen müssten. Dennoch nehmen wir das Gewicht der über uns befindlichen Luft

Der Druck der Luft wird von uns nicht wahrgenommen, weil sie die Körper umgiebt.

nicht wahr etc.« Herr *Deusing* hätte aber erwähnen müssen, dass die Luft nicht nur auf unseren Scheitel drückt, sondern uns von allen Seiten umfliesst, sodass in gleichem Maasse, wie sie von oben her den Kopf, sie auch von unten die Sohle oder die Flächen der Füsse, sowie alle Theile des Körpers ringsum zugleich drückt. Ja sogar den Körper selbst erfüllt sie dergestalt, dass er sich ganz in der Luft befindet und alle Hohlräume desselben, die sonst leer wären, von ihr erfüllt sind. Wie nun die Fische im Wasser keinen Druck fühlen, um so viel weniger geschieht dies unsrerseits, die wir in der Luft leben.

Kapitel XXXI.

Versuche, aus welchen hervorgeht, dass der Luftdruck zu verschiedenen Zeiten verschieden gross ist.

Das Gewicht eines evacuirten, an einer Waage aufgehängten Gefässes ist Schwankungen unterworfen.

Ich habe auf Grund des im Kapitel 19 erwähnten Versuches gefunden, dass die Luft nicht immer dasselbe Gewicht hat. Die gleiche Wahrnehmung machte ich auch an jenem Recipienten, in welchem die Luft [Kapitel 21] gewogen wird. Wird derselbe nämlich, von aller Luft entleert, für einige Tage an eine Wage gehängt, so verändert sich sein Gewicht, sodass wir sehen, wie diese Glaskugel, nicht aber das Gegengewicht derselben [22]), emporgehoben und herabgedrückt wird. Siehe auch oben Kapitel 20.

Ich liess daher eine Kugel von der Grösse eines halben Recipienten aus getriebenem Kupfer herstellen und dieselbe an Stelle des Hahnes mit dem in Kapitel 8 beschriebenen Ventil versehen.

Diese hing ich, nachdem alle Luft herausgepumpt war, mit einem aus Blei gegossenen Gegengewicht an einer [eigens zu diesem Zwecke verfertigten] Waage auf. Letztere zeigt die Schwankungen im Gewicht der Kugel [auf einem halbkreisförmigen, in Grade getheilten und seitlich angebrachten Messingblech] genau an. Bisweilen ändert es sich im Verlaufe desselben Tages ein wenig; bisweilen dauert es zwei, drei, vier, selbst fünf Tage, bis eine Schwankung eintritt. Wenn es nämlich regnet und viel Wasser aus der Luft niederfällt, wird dieselbe leichter.

Wenn es regnet, wird die Luft leichter.

In Folge dessen wird aber die entleerte Kugel schwerer und sinkt. Sie steigt dagegen [oder wird leichter], wenn die Luft schwerer wird. Folgendes ist die Ursache dieser Erscheinung: Je schwerer eine Materie ist, in der sich etwas befindet, um so weniger Gewicht wird das darin Befindliche besitzen. Man nehme z. B. Weingeist, der schwerer als die Luft ist. Dann wird diese Kugel, wenn sie mit ihrem Gegengewicht in dem Weingeist aufgehängt wird, leichter werden, als sie vorher in der Luft war, noch leichter, wenn sie in reines Wasser, am leichtesten aber, wenn sie in Soole getaucht wird, da diese noch schwerer ist als reines Wasser. Und so stuft sich das Gewicht ab nach der Beschaffenheit der umgebenden Materie. Ebenso verhält es sich nun auch mit dieser Kugel. Dieselbe erscheint nämlich schwerer oder leichter, je nachdem die Luft, in der sie schwebt, leicht oder schwer ist.

Je schwerer die umgebende Materie ist, um so leichter wird ein hineingetauchter Körper.

Da aber jene Kugel sich nur sehr schwierig so herstellen lässt, dass keine Spur Luft eindringt [wenn dies nämlich stattfindet, so wird im Laufe der Zeit die Luft vermehrt, sodass sie einen merkbaren Einfluss ausübt und zu Täuschungen Veranlassung giebt], auch die Waage aus vorzüglichem Material verfertigt sein muss, damit sie eine so geringe Aenderung des Gewichtes anzeigt, habe ich mich bemüht, in anderer Weise diese Aenderung besser und genauer zu ermitteln. Man sehe darüber auch oben den Schluss des 20. Kapitels. Ich habe nämlich ein aus Holz geschnitztes Männchen dergestalt in einer Röhre angebracht, dass es von der Flüssigkeit getragen wurde und den Schwankungen des Luftdrucks entsprechend auf- und abstieg (Icon. X., Fig. 4). Dabei zeigte es mit seinem Finger an gewissen Punkten die Veränderung an. Auf diese Weise lässt sich ebenfalls vorhersagen und erkennen, ob Regenwetter stattfindet oder bevorsteht, ob es beginnt oder aufhört.

Ich will nicht näher darauf eingehen, dass Unwetter und heftige Stürme, auch wenn sie hundert und mehr deutsche Meilen entfernt sind, durch diesen Versuch vorhergesagt werden können. Ein Mangel besteht aber darin, dass der Ort, wo der Sturm stattfindet, nicht daraus hervorgeht. Auch lässt sich der Apparat nicht leicht transportiren.

Kapitel XXXII.

Ueber die Ursache des Saugens.

Weil die Lufthülle, welche die Erde umgiebt, einen bedeutenden Druck ausübt, so folgt daraus, dass die Luft auch alle Oeffnungen und Ritzen der Körper [wenn dieselben nicht vollkommen dicht sind] durchdringt und ausfüllt. Ist dies aber der Fall, so füllt sie auch die Körper und alle Hohlräume der Thiere aus, in Folge dessen nehmen sie den Luftdruck nicht wahr. Was einmal erfüllt ist, kann nichts aufnehmen, sondern nur etwas von sich geben. Wird daher einem Körper von aussen ein Gegenstand angelegt oder damit verbunden, der völlig oder theilweise entleert ist, so wird auf jenen Körper ein Druck ausgeübt [da ja unser Körper und alles, was sich hier unten befindet, von der darauf lastenden Luft gedrückt wird]. Ist derselbe flüssig, so dringt er nothwendigerweise in den benachbarten, nicht erfüllten Raum ein, um denselben auszufüllen. Der menschliche Körper z. B. wird allseitig von der umgebenden Luft gedrückt, da sie aber gleichzeitig seine ganze Masse erfüllt, so ist der Druck der umgebenden Luft nicht bemerkbar. Wird aber das Kind an die Brust der Mutter gelegt und in seinem Munde durch Zurückziehung der Zunge ein leerer Raum gebildet, wie es beim Saugen geschieht, so muss in Folge des Druckes, der auf der Brust lastet, der darin befindliche flüssige Stoff, die Milch nämlich, hervorgedrängt werden, und in den leeren Mund des Kindes gelangen.

Die Luft durchdringt alle Körper, welche nicht ganz dicht sind, wie die Metalle z. B.

Was gedrückt wird, weicht dahin aus, wo es einen leeren Raum findet.

Die Ursache des Saugens.

Auf dem gleichen Princip beruhen die Schröpfköpfe. Je grösser die Mündung eines derartigen Gefässes ist, ein um so grösserer Druck findet statt, welcher uns als Saugen erscheint. Würde man daher einen entleerten Recipienten anwenden, dessen Hahn eine grössere Oeffnung hätte als der Schröpfkopf, so würde das Fleisch sofort in den Hals des Hahnes eintreten, bis es endlich zerreissen würde.

Die Ursache des Saugens der Schröpfköpfe.

Dasselbe Verhalten zeigen auch Pumpen, welche dazu dienen, das Wasser aus dem Brunnen emporzuschaffen [bei diesen wird nämlich durch Saugvorrichtungen, d. h. Luftpumpen, das Wasser innerhalb des Kanals in die Höhe gezogen]. Wird nämlich der Kolben, welcher die

Die Ursache des Saugens der Pumpen, welche bei den Brunnen Verwendung finden.

im Innern wohlgeglättete Luftpumpe genau ausfüllt, emporgehoben, so entsteht in derselben ein Vacuum. Durch Wiederholung dieser Bewegung wird das Wasser gezwungen, aus dem Brunnen durch den Kanal bis in die Luftpumpe emporzusteigen. Dies geschieht aber nicht wegen des Abscheus vor dem leeren Raum, sondern in Folge des Luftdrucks, der auf dem Wasser in dem Brunnen lastet. Geschähe es aus ersterem Grunde, so müsste das Wasser bis zu jeder beliebigen Höhe in die Pumpe emporsteigen. Das ist aber nicht der Fall. Ist nämlich dies Werkzeug höher als 19 oder 20 Magdeburger Ellen, d. h. wird die Saugpumpe mit ihrem Ventil nicht unterhalb, sondern oberhalb dieser Höhe angebracht, so kann kein Wasser damit gehoben werden. Dadurch wird das ganze Gerede von einem Abscheu vor dem leeren Raum hinfällig, denn das Emporsteigen des Wassers in den Kanälen geschieht in Folge des Luftdrucks, welcher das Wasser in die Höhe treibt und zwar bis zu 19 oder 20 Ellen.

Kapitel XXXIII.

Versuche, welche die Verdünnung und Verdichtung der Luft betreffen.

Dass die Luft die Eigenschaft sich zu verdichten oder zusammenzuziehen und sich zu verdünnen oder auszudehnen besitzt, zeigen deutlich die Thermometer. Werden diese abgekühlt, so zieht sich die Luft zusammen und nimmt einen geringeren Raum ein, werden sie dagegen erwärmt, so dehnt sie sich aus und erfüllt einen grösseren Raum. Dies kann durch die Bemühungen der Menschen sehr weit getrieben werden, wie es an den pneumatischen Springbrunnen zu sehen ist, welche bei Gastmählern auf Tische oder Platten gestellt werden. In diese lässt sich mittelst einer Spritze durch eine Oeffnung so viel Luft hineinpumpen, dass sie dadurch endlich sogar zerspringen können. Wird dagegen keine Luft hineingepumpt, sondern diejenige, welche sich darin befindet — da ja die Luft alle Räume erfüllt — nur darin gelassen, und dann [nachdem jede Oeffnung verschlossen ist] Feuer darunter angebracht, so werden sie ebenfalls

Wirkung der Thermometer.

Pneumatische Springbrunnen.

Die Luft wird in den Windbüchsen sehr verdichtet.

zersprengt. Die Erfahrung lehrt auch, dass die Luft in der Windbüchse auf einen fünf Mal geringeren Raum gebracht werden kann und zwar nur durch die Kraft der Hand, welche sich einer Pumpe bedient.

Da die Luftschicht, welche die Erdkugel umgiebt, durch ihre erhaltende Kraft [worüber das 5. Kapitel des 4. Buches handelt] in sich zusammengepresst wird, so muss die Luft in Folge eines solchen Zusammenhangs Gewicht besitzen und einen gewissen Druck ausüben. Aus demselben Grunde muss sie sich verdichten und, je niedriger sie sich befindet, um so mehr zusammengepresst sein.

Denn je mehr Theilchen übereinandergelegt, d. h. ein je grösserer Haufen gebildet wird, um so mehr werden die unteren gedrückt. So werden auch die unteren, der Erde benachbarten Theilchen der Luft von einem grösseren Gewicht als die oberen belastet, wie es in Uebereinstimmung mit der gesunden Vernunft im vorhergehenden Kapitel 30 erwiesen wurde.

Die Luft besitzt das natürliche Bestreben, sich auszudehnen.

Dass die gesammte Masse der umgebenden Luft durch jene Anziehung sich selbst zusammenpresst, und dass die Luft, vermöge eines ihr innewohnenden Triebes, sich auszudehnen vermag [dies äussert sich darin, dass die Lufttheilchen, vornehmlich die unteren, welche von den oberen einen stärkeren Druck erleiden, vermöge eines ihnen innewohnenden Bestrebens sich von einander entfernen, wenn nur die Möglichkeit dazu oder der Raum vorhanden ist. Diese Eigenschaft haben einige Philosophen mit dem Wort Elasticität bezeichnet], geht aus den vorhergehenden und vielen anderen Versuchen hervor, besonders aus Kapitel 11, wo die Luft in einem evacuirten Gefässe heftig bläst. Dasselbe begegnete mir bei dem Kapitel 18, 6 beschriebenen Apparat, als ich zufällig das obere Gefäss zu entleeren vergessen hatte und nichtsdestoweniger den mittleren Hahn, der beide Gefässe in Verbindung setzt, öffnete. Die Luft drang nämlich in das untere [zum Theil mit Wasser gefüllte und evacuirte] Gefäss und in das Wasser mit solcher Heftigkeit ein, dass ich auf's Höchste erschreckt glaubte, der ganze Apparat würde in kleine Stücke zerschmettert werden.

Versuch mit der Blase.

Will jemand nicht glauben, dass die Luft eine solche Kraft, sich auszudehnen, besitze — da ja Leute, die zum

Widerspruch geneigt sind, sich überall finden — so möge derselbe eine mit Luft gefüllte Blase in die beiden kupfernen Schalen, welche wir im Kapitel 23 erwähnt haben, bringen und diese Schalen, nachdem sie verbunden sind, evacuiren. Man wird dann wahrnehmen, dass jene Blase innerhalb der Schalen, nachdem kaum mit dem Auspumpen begonnen wurde, zerplatzt. Es möge auch eine derartige, nur zur Hälfte mit Luft gefüllte Blase in dem Recipienten aufgehängt werden, wie es mit dem Uhrwerk Kapitel 15 geschah. Man wird bemerken, dass dieselbe, je mehr Luft aus dem Recipienten herausgeschafft wird, um so mehr anschwillt und endlich zerspringt.

Die Luft lässt sich aus einem Gefäss herauspumpen, selbst wenn die Luftpumpe auf dem Dache angebracht ist.

Ich habe auch die Erfahrung gemacht, dass wenn man die Luftpumpe auf dem Dache anbringt, und eine von ihr ausgehende Röhre an der Oberfläche der Erde mit einem Recipienten oder einem anderen zu entleerenden Gefäss in Verbindung setzt, die Luft durch ihre Expansivkraft nach oben [in Folge der Bewegung des Stempels nämlich] in die erwähnte Pumpe emporsteigt. Dadurch wird jene Eigenschaft dem mit der Erforschung dieser Dinge Beschäftigten besonders deutlich.

Aus alle diesem geht hervor, dass die Atmosphäre, und zwar die unteren Theile mehr als die oberen, zusammengedrückt ist, sowie auch, dass die Luft, je mehr Raum ihr gegeben wird, um so mehr sich ausdehnt.

Woher dieser Druck der Luft rührt.

Es bleibt noch zu erörtern, woher dieser Druck der Luft rührt. Einige glauben, er rühre von dem Triebe derselben gegen das Centrum her [wohin, wie sie meinen, alles strebe]. Andere dagegen verlegen die Ursache in die von allen Seiten kommenden und einen Druck ausübenden Strahlen der Sterne.

Weshalb aber soll man den einzelnen Dingen den Trieb und die Natur nach dem Centrum zu streben, beilegen und nicht viel mehr der Erde und ihrer erhaltenden Kraft? Aus Kapitel 5 des vierten Buches lässt sich ersehen, dass eine derartige Anziehungskraft in der Natur begründet ist und daher dieses Bestreben, sich abwärts zu bewegen, nicht den Dingen an sich, sondern einer allgemeinen Kraft zugeschrieben werden muss. Ferner kann die Kraft, welche die Luft zusammendrückt, keineswegs von den oberen Regionen ausgehen. Rührte sie nämlich von den Sternen her, so müsste auch die

Erdkugel als ein im Wege stehender Körper diesen Druck der Sterne empfangen und ihm Widerstand leisten.

Wenn aber zwei Körper gegen einander drücken, so wird ein zwischen ihnen befindlicher Körper von beiden Seiten denselben Druck erleiden. Daraus würde nothwendig folgen, dass die unteren Theile der Luft in gleichem Maasse gedrückt werden als die oberen, was aber durch die Versuche widerlegt wird.

Die Höhe der Atmosphäre ist gering im Vergleich mit der Entfernung der Gestirne.

Da nun die untere Luft mehr gedrückt wird als die obere und man dies nicht nur auf hohen Bergen, sondern schon auf den Thürmen der Kirchen wahrnimmt, so folgt daraus, dass die Luft sich nicht weit von der Oberfläche der Erde erstreckt und im Hinblick auf die grosse Entfernung der Sterne ihre Höhe nur gering sein kann. Ferner, dass sich darüber hinaus nur der reine unkörperliche Raum befindet, von dem im 5. Buche, Kapitel 6—9 des weiteren gehandelt werden soll.

Kapitel XXXIV.

Nachweis des Vacuums durch das Herabsinken von Quecksilber innerhalb einer oben geschlossenen Glasröhre.

Des Pater Valerianus Magnus Versuch, das Vacuum durch das Herabsinken des Quecksilbers nachzuweisen.

Als ich auf dem Reichstage zu Regensburg [wie oben im 27. Kapitel erwähnt wurde] mehreren Kurfürsten, Fürsten und Gesandten einige meiner Experimente vorführte, wurde ich bei dieser Gelegenheit mit dem Hochwürdigen Kapuzinerpater *Valerianus Magnus* bekannt. Letzterer zeigte mir einen Versuch, das Vacuum nachzuweisen, der, wie er sagte, von ihm herrühre und ausgedacht sei. Damit verhielt es sich folgendermaassen: 1. Er nahm eine mehr als $^6/_4$ Magdeburger Ellen lange Glasröhre, die an einem Ende gut verschlossen war. 2. Er füllte diese Röhre mit Quecksilber, kehrte sie [ihre Mündung mit dem Finger wohl verschliessend, damit nichts ausflösse] um und tauchte sie zugleich mit dem verschliessenden Finger in ein mit Quecksilber gefülltes Becken. 3. Darauf nahm er den Finger allmählich fort und siehe, das Quecksilber sank langsam, bis es auf einer gewissen Höhe in der Röhre angekommen war, nämlich

bis zur Höhe von $^5/_4$ der genannten Elle etwa. Dort kam es zur Ruhe und stieg nicht weiter herab, wenn der Finger nicht plötzlich weggezogen wurde. Geschah letzteres, so schwankte das Quecksilber einige Male auf und nieder, bevor es an derselben Stelle zur Ruhe kam.

Hochwürden Pater *Valerianus* lehrte nun, dass jener Raum im oberen Theile der Röhre, den das Quecksilber verlassen hatte, wirklich leer von aller Materie wäre. Es sei nämlich ausgeschlossen, dass inzwischen ein anderer Körper die Stelle des herabsinkenden Quecksilbers hätte einnehmen können. Auch gab er mir sein Buch mit dem Titel: »Augenscheinlicher Nachweis 1. Eines Ortes ohne etwas darin Befindlichem. 2. Eines im Vacuum allmählich bewegten Körpers. 3. Von Licht, das an keinen Körper gebunden ist.« Indessen habe ich darauf sowohl aus diesem Buche als nachher aus anderen Schriftstellern ersehen, dass dies Experiment zuerst von dem berühmten *Evangelista Torricelli*[23], Mathematiker des Grossherzogs von Toscana, angestellt wurde.

Urtheil des Autors über den Versuch, das Vacuum durch Quecksilber zu erzeugen.

Was mein Urtheil betreffs dieses höchst bedeutsamen Versuches anbelangt, so zweifle ich nicht, dass jener Raum im oberen Theil der Röhre, den das Quecksilber verlassen, nahezu luftleer gewesen sei. Doch handelt es sich hier nicht um ein vollständiges Vacuum, da beim Eingiessen des Quecksilbers auf der Innenseite der Röhre immer einige Blasen zurückbleiben. Man kann deutlich wahrnehmen, wie sie dort hängen.

Auch scheint es unmöglich, sie beim Eingiessen des Quecksilbers auszuschliessen. Als ich mir später zu Hause auch solche Glasröhren verfertigte und den Versuch öfter anstellte, richtete ich es daher, um ein wirkliches Vacuum hervorzurufen, so ein (Icon. VII., Fig. 5), dass ich die Röhre mit der im vorhergehenden 4. Kapitel beschriebenen Luftpumpe in Verbindung setzen konnte.

Zuerst füllte ich die Röhre mit Quecksilber bis zum dritten Theil und verband sie darauf mit der Pumpe vermittelst des Kanales, dessen oben im 8. Kapitel Erwähnung geschah. Ich konnte dann deutlich wahrnehmen, dass jene Blasen in den über dem Quecksilber befindlichen leeren Raum traten, und dass gleichzeitig das ganze Quecksilber in der Röhre in Bewegung gerieth und sich etwas emporhob. Doch behielt das eingegossene Quecksilber

seine Höhe nicht bei, sondern wurde um die Dicke eines Strohhalms niedriger. Wenn ich darauf, wie vorher, zu demselben etwas hinzugoss und die Luft in der beschriebenen Weise herauszog, geschah dasselbe, sodass beim dritten Male das gesammte Quecksilber der ganzen Röhre einen halben Finger etwa gesunken war. Daraus geht genugsam hervor, dass immer soviel Luft zwischen dem Queksilber und den Wänden der Röhre eingeschlossen bleibt, als der Breite eines halben Fingers entspricht, und daher durch unser Verfahren des Auspumpens die Gefässe vollständiger evacuirt werden können, als es vermittelst des Quecksilbers, wenn auch auf einfacherem Wege, geschehen kann.

Jene Luftblasen nämlich, welche innerhalb der Röhre an den Wänden sich beimischen, sind von nicht geringer Bedeutung. Sie können nicht mit den schon so sehr ausgedehnten Luftblasen, welche in den evacuirten Gefässen aus dem Wasser entstehen und in Folge des leeren Raumes in solchen Gefässen einen 10 oder 100 Mal grösseren Raum einnehmen, verglichen werden. Einmal stehen sie unter dem in der gewöhnlichen Luft herrschenden Druck einer 20 Ellen hohen Wassersäule und sind daher sehr dicht. Ausserdem werden sie durch das Quecksilber selbst noch mehr zusammengepresst.

Werden übrigens mit Hülfe der Luftpumpe jene eingeschlossenen Blasen herausgezogen, so lässt sich nicht in Abrede stellen, dass danach ein vollkommneres Vacuum in diesem Glasrohr hergestellt werden kann. Indessen ist dieser kleine leere Raum zu weiteren Versuchen nicht zu gebrauchen.

In längeren Röhren mit Wasser angestellter Versuch.

Endlich bleibt noch zu bemerken, dass der Hochwürdige Pater *Caspar Schott* in seiner Mechanica hydraulico-pneumatica Seite 308 berichtet: »Dass andere [als sie gehört hätten, aus dem vorerwähnten Versuch wolle man beweisen, es gäbe ein Vacuum] diesen Versuch mit Wasser in viel längeren Röhren angestellt hätten. In dem oberen, vom Wasser verlassenen Theil habe man indess kein Vacuum gefunden. Man habe nämlich an dem oberen Ende einer solchen Röhre ein Glasgefäss angebracht, welches mit der Röhre derart verbunden war, dass nicht die geringste Luftmenge eindringen konnte. Im Innern habe man darauf eine mit einem eisernen Hämmerchen versehene

Glocke an den Wänden des Gefässes befestigt. In Folge dieser Einrichtung konnte das Hämmerchen, von einem ausserhalb angebrachten Magneten in Bewegung gesetzt, die Glocke anschlagen. Darauf habe letztere einen hellen Ton von sich gegeben, der von allen diesem Versuch Beiwohnenden gehört worden sei. Das sei aber im leeren Raum unmöglich; durch einen solchen könne sich der Schall nicht fortpflanzen, wie dies P. *Melchior Cornaeus* in seiner Abhandlung über den früheren Versuch festgestellt habe, welche seinem Lehrbuch der Philosophie beigegeben ist.«

Diesem pflichte ich insofern bei: Wenn man einen Ton gehört hat, so war kein Vacuum erzielt, denn ein solcher findet im Vacuum nicht statt, noch pflanzt er sich durch den leeren Raum fort. Ein Geräusch dagegen wird durch denselben verbreitet, wie die Versuche im obigen Kapitel 15 beweisen.

Kapitel XXXV.

Die landläufigen Einwürfe gegen das Vacuum und deren Widerlegung.

Caspar Schott führt in seiner Mechanica hydraulico-pneumatica (S. 25) einige von den Versuchen an, durch welche die Philosophen zu beweisen suchen, dass es kein Vacuum gäbe:

Erster Einwurf, gestützt auf das Verhalten des Blasebalgs.

1. »Die Wände eines Blasebalgs können durch keine, selbst übermenschliche Kraft voneinander entfernt werden, falls die Oeffnung verstopft wird, durch welche die Luft eindringt, um den Raum zwischen den voneinanderweichenden Wänden einzunehmen. Was beweist dies anders, als dass es kein Vacuum geben kann? Ein solches wäre nur möglich, wenn durch Abschluss der Mündung die Luft und jeder andere Körper ausgeschlossen wäre und sich dennoch die Wände von einander entfernen liessen.«

Widerlegung desselben.

Entgegnung: »Wenn die Wände des Blasebalgs hinreichend fest und das Leder genügend dicht ist, so würde nichts im Wege stehen, jenen Blasebalg zu erweitern, und zwar wäre durchaus keine überirdische Kraft nöthig.

Wird nämlich die untere Seite fest mit der Erde verbunden, so kann der obere Theil selbst mit den Händen, oder, wenn es sich um einen grösseren Blasebalg handelt, mit Hülfe eines Hebebaums leicht aufgehoben werden. Nach Kapitel 22 lässt sich auch unter Ausschluss jeden Irrthums berechnen, welche Kraft zum Erweitern des Blasebalgs, der Grösse desselben entsprechend, erforderlich ist. Da nun die Philosophen an dieser Stelle zugeben, dass dadurch ein Vacuum entstehen müsse [wenn nämlich bei geschlossener Mündung und Ausschluss der Luft dennoch die Seiten sich voneinander bringen liessen], so steht unsere Sache gut. Besser freilich wird der Versuch mittelst der Luftpumpe *g h* angestellt, welche Abbildung VI, Fig. 1 zeigt. Wird die Oeffnung *n* derselben geschlossen, so lässt sich nichtsdestoweniger der Stempel mit dem Kolben und zwar unter Wasser in Bewegung setzen und hinabführen. In den so entstehenden Raum kann aber keine Luft eindringen, da die Mündung nicht nur verschlossen, sondern auch unter Wasser befindlich ist. Jeder kann mit eigenen Augen sehen, dass weder Luft noch Wasser eindringt, also giebt es in der Luftpumpe ein Vacuum.

Zweiter Einwurf, auf Grund des Verhaltens einer Metallplatte.

2. Pater *Nicolaus Zuchius*[24]) sagt in seiner Abhandlung über das Vacuum: »Einem mit der Stärke seiner Muskeln sich brüstenden Jüngling wurde einmal eine Metallplatte vorgelegt, die er mittelst eines aus ihrer Mitte hervorragenden Handgriffes von einem Marmortisch abheben sollte, dem sie vollkommen entsprach. Zuerst verlachte derselbe die Sache als ein für einen Knaben passendes Kinderspiel. Als er darauf in Gegenwart seiner Freunde, beide Hände anlegend, sich lange vergeblich abmühte, die Platte zu entfernen, schob er sein Unvermögen auf einen sehr widerstandsfähigen Klebstoff, der sich dazwischen befinden müsse und so trefflich binde, dass er sie nicht losreissen könne, bis er sah, dass ein Anderer die Platte sehr leicht abhob, indem er sie zum Ende des Tisches führte und durch Umkippen von dort entfernte.«

Widerlegung.

Entgegnung: Wäre die Oberfläche jener Platte uns ihrer Grösse nach bekannt, so würde nach Kapitel 22 durch Rechnung leicht gefunden werden können, welche Kraft zum Abreissen erforderlich ist, und auf diese Weise

hätte sich auch der erdichtete Abscheu vor dem leeren Raum widerlegen lassen.

Dritter Einwurf, ein unter Wasser getauchtes Gefäss betreffend.

3. »Wenn man ein Glasgefäss unter Wasser taucht, anfüllt, darauf innerhalb des Wassers umdreht, sodass das offene Ende nach unten gerichtet ist, und es so herauszuziehen sucht, so wird man sehen, dass das in demselben befindliche Wasser zugleich mit dem Glase in die Höhe gehoben wird. Wenn man nun jenes Glas, das zum Theil herausgezogen, zum Theil noch unter Wasser ist, in der Hand hält, bleibt das Wasser im Innern, obgleich es über die Oberfläche des umgebenden Wassers erhoben ist, im Gleichgewicht und beschwert sogar mit seinem Gewicht die Hand des Haltenden. Warum geschieht dies? Doch wohl, weil die Luft nicht den Raum zwischen dem Wasser und den Theilen des Gefässes, welche von dem Wasser beim Herabsteigen verlassen werden müssten, einzunehmen vermag.«

Widerlegung.

Entgegnung: Falls jenes Glasgefäss über 20 Ellen lang wäre, so würde man das darin eingeschlossene Wasser in demselben herabsinken sehen, und zwar um so viel, wie das Gefäss höher als 20 Ellen wäre. Da ferner die Luft nicht im Stande ist, den Raum einzunehmen, der sich zwischen dem herabsteigenden Wasser und den Theilen des Gefässes, welche vom Wasser verlassen werden, befindet [weil ja die Mündung des Gefässes in das Wasser eingetaucht bleibt], so muss dort ein Vacuum zurückgeblieben sein.

Vierter Einwurf, hergeleitet aus dem Verhalten der zum Besprengen der Gärten dienenden Gefässe.

4. »Bei den Gefässen, welche zum Besprengen der Gärten weit und breit Anwendung finden, fliesst, obgleich der Boden derselben durchlöchert ist, wenn sie mit Wasser gefüllt emporgehoben werden, letzteres doch durch die vielen Oeffnungen nicht aus, solange der Finger gegen das oben am Halse befindliche Loch gepresst wird. Es wird dann nämlich die Luft verhindert, den Raum auszufüllen, der beim Ausfliessen des Wassers zwischen der oberen Wand des Gefässes und dem Wasser freiwerden würde. Das ohne Störung des Zusammenhangs innerhalb des Gefässes verbleibende Wasser strebt in Folge seiner Schwere so sehr nach unten, als wenn es bei unversehrtem Boden und offenem Halse in dem Gefässe emporgehalten würde. Nachdem aber der Finger entfernt und der Luft der Zutritt durch die obere Oeffnung freigegeben

ist, fliesst das Wasser sofort aus den Oeffnungen des Bodens aus. Wird nun während des Ausströmens durch Auflegen des Fingers die Oeffnung verschlossen, so bleibt das Wasser wieder in der Schwebe trotz seiner Neigung, der Schwere zu folgen, und belastet mit seinem Gewichte die Hand, anstatt in die offene Luft auszufliessen.«

Widerlegung.

Entgegnung: Weil die umgebende Luft mit ihrem oft erwähnten Druck auch das zum Besprengen des Gartens hergerichtete Gefäss umgiebt, so kann, wenn die oben am Halse desselben angebrachte Oeffnung verschlossen wird, das Wasser durch die Oeffnungen des Bodens nicht ausfliessen. Es wird durch den Luftdruck daran verhindert, ausgenommen wenn das Wasser die Höhe von 20 Ellen besitzt, sodass es stärker als die äussere Luft drückt. Nicht der Abscheu vor dem leeren Raum hält also das Wasser in dem Gefäss zurück, sondern der Druck der umgebenden Luft. Nach Entfernung des Fingers dagegen kann die Luft durch die obere Oeffnung eintreten und das Wasser in Folge seiner natürlichen Schwere aus den Oeffnungen des Bodens ausfliessen.

Fünfter Einwurf, das Saugen betreffend.

5. »Wenn man das eine Ende einer Röhre in Wasser taucht, aus dem anderen aber mit dem Munde die Luft herauszieht, so wird sofort das Wasser gehoben und zwar gelangt es, entgegen seiner Schwere der herausgezogenen Luft folgend, zum Munde des Saugenden, damit kein Vacuum in der Röhre nach dem Herausziehen der Luft entstehe.«

Widerlegung.

Entgegnung: Dass dieses Emporsteigen von dem Druck der äusseren Luft herrührt, welcher auf dem Wasser lastet und dasselbe in jenen Raum treibt, weil er leer ist, lässt sich daraus entnehmen, dass das Wasser nicht höher als 20 Ellen steigt. Wenn nämlich das Emporsteigen von dem Abscheu vor der Leere herrührte, so müsste das Wasser bis zu jeder Höhe die Röhre ausfüllen.

Sechster Einwurf, hergeleitet aus dem Verhalten einer ins Feuer gebrachten Kugel und der Schröpfköpfe.

6. »Wenn man eine kupferne Kugel mit festen Wänden, sodass sie nicht leicht zerbrochen werden kann, über dem Feuer erwärmt, so dehnt sich die darin enthaltene Luft sehr aus. Taucht man sie darauf in kaltes Wasser, in Folge dessen die beträchtlich ausgedehnte Luft sich wieder zusammenzieht und einen geringeren Raum einnimmt, so wird das Wasser hineingezogen, während andere Luft in den frei gewordenen Raum nicht nachfolgen kann.

Dies geschieht, damit kein Vacuum in der Kugel eintritt. Wird aus einer Röhre, deren eines Ende verschlossen, deren anderes offen ist oder aus einem hohlen, vollkommen dichten Schlüssel kräftig und in ununterbrochenem Zuge die Luft herausgesogen und dann sofort auf die offene Mündung der Röhre der Finger oder die Lippe gelegt, damit die umgebende Luft nicht eindringen kann, so wird das Fleisch des Fingers oder der Lippe in die Röhre gezogen, sodass diese Gegenstände einen merklichen Zug ausüben und am Fleische hängen. Dies geschieht aus keiner anderen Ursache, als dass während des Saugens die im Innern bleibende Luft verdünnt wird und den ganzen Raum allein ausfüllt. Hört man auf zu saugen, so zieht sie sich wieder zusammen und veranlasst, indem sie einen kleineren Raum beansprucht, dasjenige, was ihr am nächsten sich befindet, den verlassenen Raum auszufüllen. Aus demselben Grunde ziehen die Schröpfköpfe, welche die Chirurgen zu gebrauchen pflegen, das Fleisch in die Höhe. Dies geschieht, weil die Luft, durch Feuer erwärmt und in den Zustand der Verdünnung übergeführt, nach dem Erlöschen der Flamme sich abkühlt und verdichtet. Auf ein geringeres Volumen zusammengezogen, würde die Luft einen leeren Raum zurücklassen, wenn sich nicht zur Ausfüllung desselben das Fleisch emporhöbe.«

Widerlegung.

Entgegnung: Was bezüglich dieses Verhaltens der Röhren und Schröpfköpfe, welche nach dem Herausschaffen der Luft das Fleisch anziehen, berichtet wird, bedarf keiner weiteren Erklärung, da wir dieselbe im 32. Kapitel gegeben haben.

Siebenter Einwurf, dass ein Stempel nur mit Mühe aus einem Geschütz gezogen werden kann.

7. »Bringt man in eine aus Erz hergestellte Büchse oder in ein grösseres Geschütz einen Stempel, welcher sich der inneren Fläche vollkommen anlegt, sodass keine Luft zwischen diese und den Stempel gelangen kann, und verschliesst darauf das Zündloch, so lässt sich derselbe nur mit Mühe herausziehen und wird, nachdem er mit Gewalt eine Zeit lang herausgezogen war, wieder in die Röhre zurückgetrieben.«

Widerlegung.

Entgegnung: Dasselbe geschieht mit dem Stempel der Luftpumpe täglich. Als Ursache dieser Erscheinung darf man aber nicht annehmen, dass die Natur den leeren Raum verabscheue oder fliehe, sondern das Gewicht des Luftcylinders ist es, welches den Stempel mit solcher

Gewalt zurückhält, dass er sich nur mit Mühe herausziehen lässt und man sogar [wenn er nämlich einen grossen Durchmesser besitzt] von einem solchen Herausziehen, als von etwas Unmöglichem, Abstand nehmen muss. Siehe vorhergehendes Kapitel 27.

Kapitel XXXVI.

Die Urtheile von Kircher und Zuchius in Rom, sowie von Cornaeus, Professor der Universität Würzburg, über die Magdeburgischen Experimente.

Das Magdeburgische Experiment wurde zuerst in Regensburg, im Jahre 1654, gezeigt.

Als einige Liebhaber dieser Dinge auf dem Reichstage zu Regensburg im Jahre 1654 von mir wünschten, dass ich einige meiner neuen Versuche zeigen sollte, so wollte und durfte ich es ihnen nicht abschlagen.

Es war aber in den letzten Tagen dieser Versammlung, als sie schon sich aufzulösen begann und die grosse Zahl von Handwerkern, deren Arbeitskraft und Fertigkeit zur Neuherstellung dieser Maschinen erforderlich war, nicht zur Verfügung stand.

Der Erzbischof von Mainz liess die Apparate nach Würzburg schaffen.

Nichtsdestoweniger aber wünschte der durchlauchtigste Fürst und Herr Johann Philipp, Erzbischof von Mainz[25]), diese Maschinen in seiner Stadt Würzburg zu besitzen, wo auch *Caspar Schott* [wie er selbst in dem Abschnitt »die Magdeburgischen Versuche«, den er seiner Mechanica hydraulico-pneumatica anfügte, berichtet] in Gegenwart jenes erlauchten Fürsten die ganze Einrichtung nicht nur besah, prüfte und beschrieb, sondern auch die Gelehrten in Rom und an anderen Orten davon in Kenntniss setzte und deren Urtheil erbat. Unter diesen macht er besonders namhaft: *Athanasius Kircher*[26]) und *Nicolaus Zuchius* in Rom, *Melchior Cornaeus* in Würzburg u. s. w., wie aus der erwähnten Mechanica hydraulico-pneumatica des weiteren ersehen werden kann.

Die Urtheile der Gelehrten.

Man nimmt erstens an, der Stempel der Luftpumpe könne nicht immerfort bewegt werden.

Dieselben gelangen sämmtlich erstens zu der Meinung: »Der Stempel der Luftpumpe könne nach öfter wiederholter Bewegung in Folge der wachsenden Schwierigkeiten nicht weiter in den vorderen Theil herausgezogen werden, so dass man von der Unternehmung ganz abstehen und den weiteren Betrieb der Luftpumpe

endlich aufgeben müsse, da der Stempel auf keine Weise weiter bewegt werden könne.« Dies ist aber ein Irrthum, denn der Stempel kann, wenn auch gegen das Ende nur mit Anstrengung, dennoch herausgezogen werden, und zwar je grösser er ist, um so schwieriger, wie es sich gemäss den Abmessungen eines jeden Stempels [nach Kapitel 27] berechnen lässt. Erwiederung.

Zweitens glauben sie, die Schwierigkeit rühre von der Verdünnung der Luft her.

Zweitens fragen sie, was diese Schwierigkeit veranlasse und antworten: »Es ist kein Vacuum nach dem Herausziehen der Luft zurückgeblieben, welches die reine Verneinung des vorher in dem Gefäss enthaltenen Körpers oder das Nichts wäre. Dasselbe würde ja keinen Widerstand leisten können. Sonach bleibt in dem Gefäss ein Körper zurück, welcher durch die bei der Bewegung der Luftpumpe aufgewandte Kraft nicht weiter verdünnt werden kann. Derselbe ist eben zu einer solchen Verdünnung gebracht, dass ein weiteres Herausziehen mit den zur Verfügung stehenden Kräften nicht zulässig erscheint.« Oder wie P. *Cornaeus* sagt: »Weil die Luft allmählich so verdünnt worden, dass sie an den äussersten Grenzen der Verdünnung angekommen sei und nicht weiter ausgedehnt werden könne.« Ich erwidere hierauf, dass die Väter der Gesellscheft Jesu, die im übrigen gelehrte Männer sind, wenn sie jenen Widerstand der zurückgebliebenen, eingeschlossenen Luft zuschreiben wollen [von der doch, wie sie selbst zugeben, nichts oder doch nur sehr wenig vorhanden ist] sich, ohne dass ich ihnen damit zu nahe treten will, im Irrthum befinden. Die geringe Menge Luft nämlich, welche wie sie sagen übrig bleibt, kann nicht mehr leisten, als wenn viel davon vorhanden wäre. Erwiederung des Autors.

Es ist daher jener Widerstand nicht der sehr geringen Menge übrig bleibender Luft, sondern der äusseren Luft zuzuschreiben, die vermöge ihres Gewichtes den Stempel mit zunehmender Gewalt zurückpresst.

Dritter Einwand, dass ein evacuirtes Gefäss sich nie völlig mit Wasser füllt.

Drittens erinnert P. *Cornaeus* daran, dass das in evacuirte Glasgefässe eintretende Wasser Schaum und viele Blasen mit sich führe und niemals das ganze Gefäss mit Wasser gefüllt werde. Ihm diene zur Antwort, dass der Grund dafür oben in den Versuchen Kapitel 6 zu finden ist.

Der vierte Einwand spricht für ein Vacuum.

Viertens: Pater *Schott* giebt in der genannten Mechanica hydraulico-pneumatica Seite 472 No. 7 selbst das

Vacuum zu, indem er folgende Unterstellung macht: »Wird der mit dem Kolben versehene Stempel vom Grunde der Röhre *A* in der Richtung *B* bis *D* gezogen, so müsste nothwendigerweise jener Raum, der sich zwischen *A* und *D* befindet, ohne jeden Körper sein, wenn nicht aus dem Recipienten Luft nachfolgte. Daher kommt es, dass wenn der Hahn des Recipienten geschlossen gehalten wird, durch keine Kraft der Stempel von *A* gegen *B* gezogen werden kann u. s. w.« Dass er aber doch gezogen werden kann, obschon der Hahn des Recipienten geschlossen gehalten wird, bezeugen die Versuche alle Tage, daher ist in der That der zwischen *A* und *D* befindliche Raum frei von jedem Körper.

Fünftens: Er fragt in der eben dort befindlichen Bemerkung 8: »wann und auf welche Weise jener leere Raum im Recipienten entstehe, ob in seiner ganzen Ausdehnung, in dem gesammten Recipienten mit einem Male, oder ob allmählich in den verschiedenen Theilen des Recipienten«. Ich antworte: der Recipient wird allmählich von Luft geleert, sowohl wegen ihres natürlichen Bestrebens sich auszudehnen, als auch in Folge ihrer Schwere [wenn nämlich der Recipient oben, die Luftpumpe aber an einem tiefer befindlichen Platz angebracht ist], sodass endlich die gesammte Luft in die Pumpe hinabgelangt. Man muss aber unterscheiden zwischen der durch Wärme oder mittelst Feuer hervorgerufenen Verdünnung der Luft und derjenigen, welche durch Auspumpen bewirkt wird. Bei der durch Wärme hervorgerufenen nämlich [selbst wenn man das Glasgefäss zum Erglühen bringt] bleibt noch der fünfte Theil der Luft zurück, wogegen beim Auspumpen nur der fünfzigste oder kaum der hundertste Theil zurückbleibt.

Zwischen dem durch die Luftpumpe und durch Erwärmung hervorgerufenen Vacuum besteht ein grosser Unterschied.

Sechstens: Was ferner unter No. 9 über einen Brunnen von ausserordentlicher Tiefe, der in Paderborn hergestellt wurde, mitgetheilt wird, »dass nämlich dessen Röhren, obgleich sehr dicht aus Baumstämmen hergestellt, mit grossem Getöse zerbrochen seien«, so weiss ich, dass dies aus anderen Gründen geschah. Es waren nämlich die Ventile zu hoch angebracht, als dass sie dem Wasser das Emporsteigen in den ausgehöhlten Baumstämmen ermöglicht hätten, wovon mir noch mehr Beispiele bekannt sind. Denn es kann eine Röhre durch

Saugpumpen wohl zusammengedrückt, nicht aber zerbrochen werden.

Das übrige, was man an dieser Stelle gegen das Vacuum anführt, wird durch die verschiedenen Versuche so vollständig widerlegt, dass eine weitere Auseinandersetzung nicht nöthig ist. Auch haben die Würzburger ihre Versuche nicht unter Anwendung der erforderlichen Hülfsmittel angestellt, woraus die meisten Fehler entstanden sind, welche hernach jene Irrthümer veranlasst haben.

Die Einwürfe, welche gegen das Vacuum erhoben werden, sind besser durch Versuche als durch Worte zu widerlegen.

Endlich giebt es noch viele, welche gegen diese Versuche, und zwar bevor sie dieselben sahen und kennen lernten, geschrieben haben. Unter diesen sei *August Hauptmann*, Doctor der Medicin, erwähnt. Derselbe sagt in seinen »Bergbedenken, Leipzig 1658«: »Dass keinem Engel noch Teuffel müglich wehre, ein Vacuum zu Wege zu bringen. Denn ein solch Vinkulum wehre in der Natur, das nimmermehr zerreissen könnte, dehme auch die Wasser aus aller Tiefe, ja aus dem untersten Centro der Erde folgen; und wenn das filum Naturae recht angespannet würde, der Himmel selbst und so viel, als es zu seiner Erfüllung nöthig hätte, sich herunter beugen und herniedersinken müsste u. s. w.« Dieses und anderes Gerede der Art zu widerlegen, halte ich für überflüssig. Denn auf Versuche ist mehr Gewicht zu legen als auf das Urtheil der Dummheit, welche immer Vorurtheile gegen die Natur zu spinnen pflegt.

Irrthum des Doctor Hauptmann.

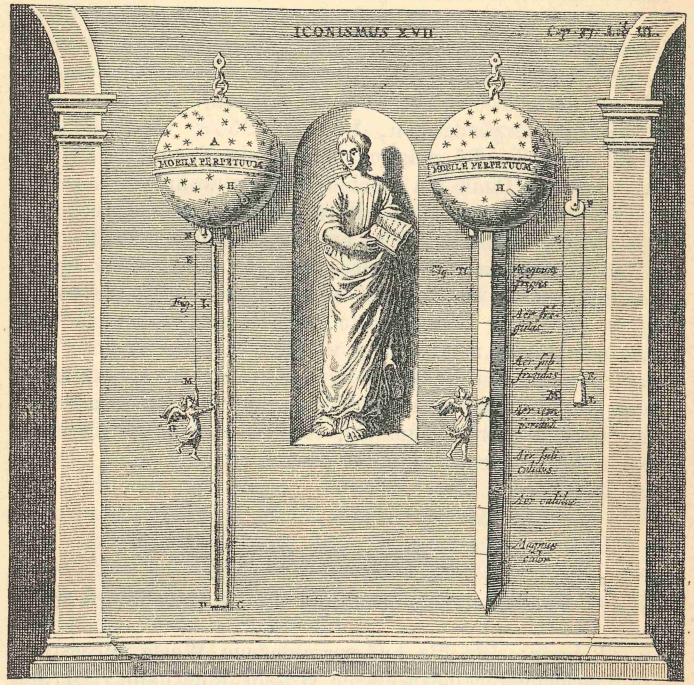
Kapitel XXXVII.

Neues Thermometer, genannt das Magdeburgische.

Bekannt sind die auf verschiedene Weise hergestellten Thermometer, bei welchen Wasser innerhalb gläserner Röhren je nach der Temperatur der Luft auf- oder absteigt und so die Zunahme oder Abnahme der Wärme in eben dieser Luft, das heisst, die Grade der Wärme oder Kälte, welche an den Glasröhren selbst oder auf daneben angebrachten Tafeln vermerkt sind, anzeigt. Ich habe derselben schon im 11. Kapitel Erwähnung gethan, habe aber eine andere Art ausgedacht, welche Pater *Schott* in seiner Technica curiosa im 11. Buch, Kapitel 13, Seite 871

Mittelst des Magdeburger Thermometers lässt sich erkennen, welches der kälteste und welches der wärmste Tag im Laufe des Jahres ist.

mit folgenden Worten beschreibt: »Durch eine andere versteckte und geistreiche Vorrichtung erkennt und zeigt der geniale Erfinder der oben im Theil I. beschriebenen Magdeburger Versuche während des ganzen Jahres die Grade der Wärme und Kälte, welche in der Luftregion herrschen. Zugleich ermittelt er, welches im Laufe des ganzen Jahres der wärmste und welches der kälteste Tag ist, was durch die gewöhnlichen Thermometer oder Thermoskope kaum oder garnicht erkannt werden kann. Der genannte Autor verwendet eine Vorrichtung, welche in der Vorhalle seines Hauses an der Mauer angebracht ist, einem Orte, wo sie von den Sonnenstrahlen niemals getroffen werden kann.«



A ist eine sehr grosse kupferne Kugel (Icon. XVII., Fig. 1), welche hohl ist und an Grösse jenem Glasgefäss, das man Recipient nennt, gleichkommt. *B C* ist eine

kupferne Röhre, so dick wie ein Daumen, welche von der Kugel ausgehend etwa 7 Ellen herabsteigt. Seitlich von derselben angebracht und unten bei *C* damit verbunden, ist eine andere kupferne Röhre *D E*, in welche eine gewisse Menge Weingeist gegossen wird, je nach der grösseren oder geringeren Weite der Röhre. In diese wird das Gefäss *K L* hinabgelassen, welches eine viertel Elle lang, aus sehr dünnem Messingblech hergestellt, sowie allseitig geschlossen und gegen den Eintritt der Flüssigkeit gesichert ist. Im Innern desselben befinden sich viele kleine Bleikugeln, welche man vorher hineingebracht hat, sodass dieser Behälter mit der Flüssigkeit von gleichem Gewicht ist und in Folge dessen grade an der Oberfläche, völlig in die Flüssigkeit eingetaucht, hängt. An diesem Gefäss ist ein mit Wachs eingeriebener Faden *E M* befestigt, welcher aus der Röhre *E D* kommend über die Rolle *F* geht. Derselbe trägt an seinem anderen Ende ein Püppchen *G*, aus Messingblech, das wie ein Engel oder ein nacktes Kindchen gestaltet ist und gegen die Röhre nach Art eines Zeigenden die Hand ausstreckt (Fig. 2). Die beiden vorerwähnten Röhren *B C* und *D E* sind von einer wie ein dreiseitiges Prisma geformten und aus Blech hergestellten Verschalung umgeben, damit sie nicht zu Tage treten und so das Kunstwerk sich den Augen der Zuschauer enthüllt. An der äusseren Fläche der Verschalung bewegt sich das genannte Püppchen auf und ab und zeigt mit seiner ausgestreckten Hand die Grade der Wärme und Kälte an, welche an derselben vermerkt sind (siehe Fig. 2).

Die Kugel *A* hat an der Seite ein Ventil *H*, welches der Erfinder den Nabel der Kugel nennt. Durch dieses kann mit Hülfe des beim Evacuiren benutzten Kolbens, der oben in Abbildung VIII., Fig. 3 dargestellt wurde, oder eines anderen zum Evacuiren gebrauchten Gefässes [wie wir sie dort in Vorschlag gebracht haben] aus der Kugel *A* so viel Luft herausgezogen werden, dass das Püppchen über der passenden Stelle der Gradeintheilung schwebt. Wer die geeignete Stelle nicht kennt, ziehe Luft aus dem Apparat heraus, wenn die reifbringenden Nächte beginnen. Zu dieser Zeit muss das Püppchen nämlich ungefähr über der Mitte der auf der Verschalung angebrachten Scala hängen. Man muss daher während

dieser Zeit mässiger Kälte so viel Luft herausziehen, dass das Püppchen an den bezeichneten Ort gelangt. Die Erfahrung wird dies alles noch besser lehren.

»Diese Kugel hatte der Erfinder der Magdeburgischen Versuche, wie schon mitgetheilt, während des ganzen Jahres unter freiem Himmel an einer Wand seines Hauses hängen, wohin die Sonne niemals gelangte. Er liess sie mit blauer Farbe überziehen und versah sie mit der Inschrift MOBILE PERPETUUM.« Siehe den erwähnten Pater *Schott* an der citirten Stelle.

Anderes Verfahren.

Ich dachte mir auch eine andere Art Thermometer aus, welche vorher unbekannt war. Ein Figürchen [wie sie aus Glas mit einer daran befindlichen Glaskugel wohl geblasen werden] wird in eine 2—3 Ellen lange, mit Weingeist gefüllte Glasröhre gebracht. Dasselbe wird [wenn es, wie im 4. Kapitel des 4. Buches angegeben, so hergerichtet ist, dass es frei in jenem Weingeist schwebt] warmes und kaltes Wetter anzeigen, und zwar steigt es bei kaltem und sinkt bei warmem Wetter. Bei gemässigter Temperatur dagegen hält es die Mitte der Röhre inne.

Drittes Verfahren.

Man hänge jenes Glasgefäss, welches Recipient genannt wird [mit geöffnetem Hahne] an eine Wage. Man wird finden, dass dasselbe bei warmem Wetter leichter, bei kaltem aber schwerer ist. Der Grund ist der, dass es bei kaltem Wetter mehr Luft enthält, bei warmem weniger.

Anmerkungen.

Otto von Guericke wurde am 20. November 1602 als Sprössling einer seit dem Jahre 1315 in Magdeburg ansässigen Raths- und Patricierfamilie geboren. Sein Vater hatte in jüngeren Jahren einen Gesandtschaftsposten im Dienste des polnischen Königs bekleidet und war dafür durch Verleihung des Adels belohnt worden. Mit 15 Jahren (1617) bezog der junge Guericke die Universität Leipzig. Später (1621) finden wir ihn in Helmstädt und dann in Jena mit dem Studium der Rechte beschäftigt. 1623 hält er sich in Leyden auf; dort fesseln ihn auch Vorlesungen über Physik und angewandte Mathematik, worunter damals vorzugsweise Fortificationslehre zu verstehen war. Eine Reise nach England und Frankreich, welche sich an diesen Aufenthalt anschloss, vervollständigte seine Ausbildung. In die Vaterstadt zurückgekehrt, trat er 1626 in das Rathskollegium ein und wirkte mit allen Kräften für das Wohl seiner Mitbürger. Die Wirren des dreissigjährigen Krieges griffen jedoch auch in das Leben dieses mit allen geistigen und materiellen Gütern so reich gesegneten Mannes ein. Als die Horden Tilly's im Jahre 1631 plündernd und sengend in Magdeburg eindrangen, vermochte Guericke sich und seiner Familie wenig mehr als das nackte Leben zu retten. Er war zunächst gezwungen, im Heere Gustav Adolphs als Ingenieur sein Brod zu verdienen. Nachdem aber Magdeburg unter schwedischem Schutze aus seinen Trümmern neu erstanden war, kehrte *Guericke* gleich vielen seiner Mitbürger dorthin zurück. Im Jahre 1646 wurde er einer der vier Bürgermeister. Dieser Posten brachte es mit sich, dass

er häufig von der Heimath entfernt war. So finden wir ihn als Vertreter der Magdeburgischen Interessen auf dem westphälischen Friedenscongress in Osnabrück, am Hofe zu Wien und auf dem Reichstage in Regensburg, wo er dem deutschen Kaiser und den Fürsten 1654 seine um 1650 erfundene Luftpumpe und jenen berühmt gewordenen Versuch mit den Magdeburger Halbkugeln vorführte.

Wie auf italienischem Boden durch *Galilei* und seine Schüler vollzieht sich in Deutschland besonders durch *Otto von Guericke* der Bruch mit der scholastischen Denkweise. Das Experiment wird von ihm mit Nachdruck als die einzige Art, die Natur zu befragen, hingestellt. »Die Redekunst, die Eleganz der Worte sowie die Gewandtheit im Disputiren gelten nichts auf dem Gebiete der Naturwissenschaften« erklärt er in der Vorrede zu seinem Hauptwerk. Immerhin haben die Streitigkeiten der Philosophen über das Vacuum die Begierde in ihm rege gemacht, durch Versuche die Frage, ob ein solches möglich sei, der Lösung zuzuführen.

Die von *Toricelli* erfundene Art, ein Vacuum zu erzeugen, wurde *Guericke* erst 1654 auf dem Reichstage zu Regensburg von einem Kapuziner Namens *Valerianus* mitgetheilt. Dem Engländer *Boyle* haben zumal seine Landsleute mit Unrecht die Erfindung der Luftpumpe zugeschrieben. *Boyle* will zwar auf den Gedanken, eine solche herzustellen, gekommen sein; bevor er aber an die Ausführung ging, bekam er schon, wie er selbst mittheilt, Kunde von der mittlerweile in Deutschland gelungenen, epochemachenden Erfindung. Dies geschah durch *Kaspar Schott*, welcher in seiner »Mechanica hydraulico-pneumatica« 1657 die erste Beschreibung der Luftpumpe und der mit ihrer Hülfe angestellten Experimente veröffentlichte. Neuere Versuche *Guericke*'s wurden von *Schott* in seiner »Technica curiosa« 1664 bekannt gemacht.

Guericke selbst hatte ursprünglich nicht die Absicht, über seine Entdeckungen zu schreiben; erst der Streit der Meinungen, welcher sich in der Folge erhob, zwang ihm die Feder in die Hand. Am 14. März 1663 beendete er sein aus 7 Büchern bestehendes Werk »de Vacuo spatio«, von welchem hier das dritte und weitaus wichtigste Buch, betitelt »Ueber eigene Versuche«, zum ersten Mal aus dem Lateinischen übersetzt, vorliegt. Krankheit und Geschäfte, sowie die Schwierigkeit, einen Verleger zu finden, hinderten ihn jahrelang an der Herausgabe.

Endlich erschien das Werk im Jahre 1672 in Amsterdam. Ein mässiges Honorar, welches *Guericke* als kleine Entschädigung für seine Unkosten (er hat nach dem Zeugniss seines Sohnes etwa 20000 Thaler auf seine Apparate verwandt) beanspruchte, wurde ihm nicht zugebilligt. Der Verleger liess sich nur mit Mühe zur Abgabe einer Anzahl Freiexemplare bewegen.

Nicht geringe Verdienste hat sich *Guericke* auch um die Erforschung der magnetischen und elektrischen Erscheinungen erworben. Das Interesse für dieses Gebiet war damals angeregt durch die bis dahin vorzüglichste Bearbeitung, welche es Seitens des englischen Arztes *Gilbert* in seinem Buche »De magnete, magneticisque corporibus« 1600 gefunden hatte. *Guericke* blieb es vorbehalten, die elektrische Abstossung zu entdecken, welche bis dahin merkwürdiger Weise übersehen war; auch konstruirte er die erste, freilich noch sehr rohe Elektrisiermaschine. Letztere bestand aus einer um eine Axe drehbaren Schwefelkugel; als Reibzeug diente die Hand, ein Conductor fehlte noch.

Im Jahre 1681 siedelte *Guericke* zu seinem Sohne nach Hamburg über, woselbst er am 11. Mai 1686 starb. Einen Biographen hat *Guericke* in *Fr. W. Hoffmann* gefunden [Otto von Guericke. Ein Lebensbild aus der deutschen Geschichte des siebzehnten Jahrhunderts. Von Friedr. Wilh. Hoffmann. Herausgegeben von Julius Otto Opel, Magdeburg, 1874]. Im Manuscript hinterliess er eine »Historia civitatis magdeburgensis occupatae et combustae«.

1) *Zu Seite 7.* Dies bezieht sich auf Orgeln, welche durch fliessendes Wasser zum Tönen gebracht wurden, die sogenannten Wasserorgeln.

2) *Zu S. 9.* Offenbar handelt es sich hier nur um eine Ansicht *Guericke*'s, welche er nicht durch das Experiment zu erweisen gesucht hat. Die Luft wurde seiner Zeit allgemein für ein Element gehalten; auch die Meinung, dass sie sich in Wasser verwandeln lasse, war damals noch verbreitet. Beidem widerspricht *Guericke*.

?) *Zu S. 14.* Das Wort cacabus ist griechischen Ursprungs und bedeutet ein Gefäss, welches zum Kochen der Speisen dient.

4) *Zu S. 16.* Der Jesuit *Kaspar Schott* (1608 in Königshofen bei Würzburg geboren; † 1666) war Professor der Mathematik in Palermo, darauf in Würzburg. Seine die Luftpumpe betreffenden Veröffentlichungen sind enthalten in einem 1657 erschienenen »Mechanica hydraulico-pneumatica« betitelten Buch und im ersten Theil seiner »Technica curiosa«, 1664. Beide Schriften werden von *Guericke* oft erwähnt.

5) *Zu S. 25.* *Anton Deusing* (geboren 15. October 1612 in Mörs, gestorben 30. Januar 1666) bekleidete eine Professur in Gröningen. Er war in zahlreiche gelehrte Streitigkeiten verwickelt, wobei er stets den Irrthum verfocht. Seine Abhandlung über das Vacuum »Disquisitio de Vacuo« erschien 1661; er suchte in derselben zu beweisen, dass es in der Natur einen leeren Raum weder gäbe, noch die Herstellung eines solchen möglich sei.

6) *Zu S. 29.* Dies rührte offenbar daher, dass das Wasser wieder atmosphärische Luft gelöst hatte. *Guericke* war noch in der Meinung befangen, dass die Luft als der leichtere Körper nicht in das Wasser eindringen könne.

7) *Zu S. 30.* Von dieser Fähigkeit, die er vis conservativa nennt, handelt *Guericke* im 4. Buch seines Werkes. Danach ist nichts an sich schwer oder leicht, sondern was in Folge jenes Vermögens von der Erde festgehalten wird, setzt demjenigen, der es von derselben entfernen will, ein Widerstreben entgegen. Dieses pflege man Schwere oder Gewicht zu nennen und in den Körper selbst zu verlegen, obgleich es aus dem Vermögen der Erde entspränge.

8) *Zu S. 31.* Diese Erscheinung rührt von der Adhäsion zwischen der Flüssigkeit und der Wand der Röhre her. Siehe auch »*Huyghens'* Abhandlung über das Licht« [Bd. 20 dieser Sammlung], S. 31 und die daselbst gegebene Anmerkung [S. 114].

9) *Zu S. 33.* Ueber die Höhe der Atmosphäre handelt *Guericke* ausführlicher im 7. Kapitel des fünften Buches. Nach dem Vorgange *Alhazen*'s [arabischer Physiker um 1100 lebend] giebt er für die Höhe auf Grund der Dämmerungserscheinungen nur einige Meilen an.

10) *Zu S. 34.* *Cartesius* [1596—1650] leugnet mit *Aristoteles* die Möglichkeit eines Vacuums, da für ihn Körper und Ausdehnung identisch sind.

Der Satz, auf den sich diese Stelle *Guericke*'s bezieht, findet sich in dem 1644 erschienenen Werk »Principia philosophiae« [2. Theil, 16] des *Cartesius* und lautet in der Uebersetzung: »Wenn man fragt, was geschehen würde, wenn Gott alle Materie, die in einem Gefässe enthalten ist, fortnähme und nicht zuliesse, dass eine andere an die Stelle der fortgenommenen gelangt, so lautet die Antwort: Die Wände des Gefässes würden aneinanderstossen. Wenn sich nämlich zwischen zwei Körpern nichts befindet, so müssen sie sich berühren, da jeder Abstand eine Ausdehnung bedeutet, Ausdehnung ohne Substanz aber nicht möglich ist«.

11) *Zu S. 38.* Dies ist nicht richtig. Eis schwimmt auch ohne solche Bläschen auf dem Wasser, da sein spec. Gewicht = 0,92 ist.

12) *Zu S. 45.* Man ersieht aus dieser Stelle, dass das Wesen der Verbrennung zur Zeit *Guericke*'s noch nicht erkannt war. Dies geschah erst 100 Jahre später durch *Lavoisier*. In Wahrheit würde die Luft ja nicht gänzlich, sondern höchstens zum fünften Theil verbraucht werden können, da sie nur 21 Vol. % Sauerstoff enthält.

13) *Zu S. 48.* Das ist zu bedauern, da *Guericke* sonst wohl die Unhaltbarkeit seiner Ansichten über den Schall eingesehen haben würde. Obgleich er nämlich die Elasticität der Luft kannte und so schön bewies, kam er doch nicht darauf, dass die Luft, wie auch die übrigen Körper, vermöge dieser Eigenschaft den Schall fortpflanzen.

Die Begründung seiner noch ganz unphysikalischen Ansichten über den Schall, den er als Imponderabilie [Virtus incorporea] betrachtet, findet sich im 4. Buch, Kapitel 10. Es heisst daselbst, um nur eins zu erwähnen: »Würde der Schall durch Beihülfe der Luft fortgepflanzt, wie könnte er dann bei völlig ruhiger Luft an unser Ohr gelangen? Man muss also schliessen, dass der Schall nicht vermittelst der Luft fortgepflanzt wird«.

14) *Zu S. 66.* *Guericke* theilt die Magdeburgische Elle in 100 Abschnitte, die wir in der Uebersetzung hier und in der Folge der Kürze halber mit »Zoll« bezeichnen wollen.

15) *Zu S. 70.* Die Annahme, dass ein Pferd einen Zug von 2686 : 8 = 336 Pfund ausüben könne, ist viel zu hoch gegriffen. Man nimmt hierfür im Mittel nur 200 Pfund an. Andrerseits ist aber der Luftdruck geringer, als einer Wassersäule von 20 Ellen Höhe entspricht, auch war das Vacuum in den Halbkugeln wohl bei weitem nicht so vollkommen, wie die Berechnung voraussetzt.

16) *Zu S. 70.* Hier zeigt *Guericke*, indem er diesen ganz unbegründeten Unterschied macht, dass er sich aus den Banden scholastischer Denkweise noch nicht ganz freimachen konnte.

17) *Zu S. 72.* Gemeint ist das Gewicht einer Wassersäule von 20 Ellen Höhe, deren Grundfläche gleich derjenigen des Magdeburger Maasses ist. Auch einige Zeilen weiter unten drückt sich *Guericke* ungenau aus, denn 570000 ist nicht der Kubikinhalt des Magdeburger Maasses, sondern eines Cylinders von 20 Ellen Höhe, der über der Grundfläche des Magdeburger Maasses errichtet ist.

18) *Zu S. 80.* Der Boden des Kessels war offenbar gewölbt, was aus der Beschreibung und Abbildung nicht deutlich genug hervorgeht. Beim Emporziehen des Kolbens wird die in dem Kessel enthaltene Luft mehr und mehr verdünnt. In demselben Maasse wächst der Zug, der auf den Kolben ausgeübt werden muss, sodass es den Männern nicht gelingt, letzteren völlig herauszuziehen. Wird dann der evacuirte Recipient mit dem Kessel verbunden, so vertheilt sich die Luft auf beide

Gefässe. Der Druck im Innern des Kessels wird damit noch weiter verringert, in Folge dessen der Kolben sich abwärts bewegt.

19) *Zu S. 82.* Von wem und zu welcher Zeit des Mittelalters die Windbüchsen erfunden sind, ist nicht bekannt. *Muschenbroek* (Introductio ad philos. nat. II. § MMCXII) theilt mit, dass sich in der Gewehrkammer eines Deutschen eine noch sehr unvollkommene Windbüchse mit der Jahreszahl 1474 gefunden habe.

20) *Zu S. 85.* *Blaise Pascal* (1623—1662) lebte, ohne ein öffentliches Amt zu bekleiden, in Clermont, Rouen und Paris. In seiner Schrift: »Récit de la grande expérience de l'équilibre des liqueurs, Paris 1648« veröffentlichte er die auf seine Veranlassung am 19. Sept. 1648 von seinem Schwager *Périer* am Puy-de-Dôme [974 m hoch] gemachten Barometerbeobachtungen. Der französische Klafter [Toise] = 6 franz. Fuss = 1,949 m.

21) *Zu S. 85.* *Jean Pecquet* war Arzt in Paris und Mitglied der Akademie der Wissenschaften. † 1674. Veröffentlichte 1651 »Experimenta nova anatomica«. Darin Beobachtungen über den niedrigen Stand des Barometers auf Bergen. Ueber *Deusing* siehe Anm. 5.

22) *Zu S. 86.* Der aërostatische Auftrieb wirkt sowohl auf die Glaskugel als auf das Gegengewicht; doch sind seine Aenderungen auf der Seite des Gegengewichts so klein, dass sie vernachlässigt werden können, wie es *Guericke* hier thut.

23) *Zu S. 93.* *Evangelista Torricelli* (1608—1647). Der berühmte Versuch, welcher zur Erfindung des Barometers führte, wurde im Jahre 1643 auf *Torricelli*'s Veranlassung von seinem Freunde *Viviani* ausgeführt. *Valerianus Magnus* zeigte denselben am Hofe des Königs von Polen, sowie in Regensburg.

24) *Zu S. 96.* *Niccolo Zucchi* (1586—1670), Jesuit, Lehrer am Collegio Romano. In seiner Optica philosophica giebt er 1616, einige Jahre nachdem das holländische Fernrohr erfunden war, die erste Anleitung zur Herstellung des Spiegelteleskops.

25) *Zu S. 100.* *Johann Philipp von Schönborn*, Kurfürst von Mainz, Fürstbischof von Würzburg und Worms (1605—1673) war ein aufgeklärter Fürst; er hob

die Hexenprocesse in seinen Landen auf und liess sich die Förderung der deutschen Wissenschaft sehr angelegen sein.

26) *Zu S. 100. Athanasius Kircher* (1602—1680), Jesuit. Etwa 1630 erhielt er eine Professur in Würzburg. Die Wirren des 30jährigen Krieges bewogen ihn, Deutschland zu verlassen. Er wurde Lehrer der Mathematik am Collegio Romano. *Kircher* veröffentlichte zahlreiche Schriften naturwissenschaftlichen Inhalts, doch voll von Phantastereien, Zahlenmystik etc.

Verzeichniss der Kapitel des dritten Buches „Ueber eigene Versuche".

	Seite	Seite
Kap. I. Ueber Ursprung, Natur und Eigenschaften der Luft	[71]	7
Kap. II. Erster Versuch, das Vacuum durch Ausziehen von Wasser herzustellen	[73]	11
Kap. III. Zweiter Versuch, das Vacuum durch Ausziehen der Luft zu erhalten	[75]	14
Kap. IV. Einrichtung einer besonderen, zur Herstellung des Vacuums dienenden Maschine	[75]	16
Kap. V. Ueber einen dritten Versuch, das Vacuum zu zeigen	[77]	19
Kap. VI. Vierter Versuch, das Vacuum zu erhalten, nämlich durch Herausziehen von Wasser aus einem Glasgefäss	[78]	21
Kap. VII. Ein genaueres Verfahren, das Vacuum herzustellen	[79]	22
Kap. VIII. Sechster Versuch, ein äusserstes Vacuum zu bereiten	[80]	25
Kap. IX. Giebt es ein Vacuum in der Natur oder nicht?	[84]	32
Kap. X. Versuche über den Geruch und die Gährung	[86]	37
Kap. XI. Ein Versuch, durch welchen Wolken und Winde, sowie die Farben des Regenbogens in Glasgefässen erzeugt werden können	[87]	39
Kap. XII. Ueber das Feuer im Vacuum	[89]	42
Kap. XIII. Versuch über die Aufzehrung der Luft durch das Feuer	[90]	44
Kap. XIV. Das Licht im Vacuum	[91]	45
Kap. XV. Der Schall im Vacuum	[91]	46
Kap. XVI. Versuche über das Verhalten von Thieren im Vacuum	[92]	48
Kap. XVII. Ueber die Einrichtung eines hydraulisch-pneumatischen Apparats, der nicht nur die Möglichkeit zu vielen Entdeckungen bietet, sondern auch im Studierzimmer zur Anregung des Geistes aufbewahrt werden kann	[93]	50
Kap. XVIII. Anwendung des vorerwähnten Apparats	[95]	52

	Seite	Seite
Kap. XIX. Eine neue, mit Hülfe desselben Apparats gemachte Entdeckung, welche den auf der Erde ruhenden Luftdruck darthut	[96]	56
Kap. XX. Ueber andere derartige Versuche, welche den Atmosphärendruck, wie auch die Grenze, bis zu welcher der Abscheu vor dem leeren Raum wirkt, zeigen	[98]	58
Kap. XXI. Bestimmung des Gewichtes der Luft	[100]	64
Kap. XXII. Die Grösse des Druckes aufzufinden, welchen ein beliebiger Luftcylinder von gegebenem Umfang ausübt	[101]	66
Kap. XXIII. Versuch, durch welchen gezeigt wird, dass infolge des Luftdrucks zwei Halbkugeln so fest vereinigt werden, dass sie von 16 Pferden nicht von einander gerissen werden können	[104]	69
Kap. XXIV. Anderer Versuch, bei welchem die Halbkugeln nicht von 24 Pferden, wohl aber durch Zutritt der Luft getrennt werden können	[104]	71
Kap. XXV. Versuch, durch welchen gezeigt wird, dass sich die erwähnten Halbkugeln durch ein Gewicht von einander reissen lassen	[106]	73
Kap. XXVI. Versuch, welcher zeigt, dass durch den Luftdruck alle Gefässe zusammengedrückt und zerbrochen werden können	[107]	75
Kap. XXVII. Ueber ein Glasgefäss, welches im Stande ist, mehr als zwanzig, ja selbst fünfzig und mehr kräftige Männer fortzuziehen	[109]	77
Kap. XXVIII. Ein ungeheures Gewicht emporzuheben	[110]	80
Kap. XXIX. Eine neue, zuvor niemals angewandte Windbüchse	[112]	82
Kap. XXX. Versuche, durch welche gezeigt wird, dass der Luftdruck sich mit der Höhe ändert	[113]	84
Kap. XXXI. Versuche, aus welchen hervorgeht, dass der Luftdruck zu verschiedenen Zeiten verschieden gross ist	[114]	86
Kap. XXXII. Ueber die Ursache des Saugens	[115]	88
Kap. XXXIII. Versuche, welche die Verdünnung und die Verdichtung der Luft betreffen	[116]	89
Kap. XXXIV. Nachweis des Vacuums durch das Herabsinken von Quecksilber innerhalb einer oben geschlossenen Glasröhre	[117]	92
Kap. XXXV. Die landläufigen Einwürfe gegen das Vacuum und deren Widerlegung	[119]	95
Kap. XXXVI. Die Urtheile von Kircher und Zuchius in Rom, sowie von Cornaeus, Professor der Universität Würzburg, über die Magdeburgischen Experimente	[121]	100
Kap. XXXVII. Neues Thermometer, genannt das Magdeburgische	[122]	103
Anmerkungen	—	107

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.

Nr. 24. **Galileo Galilei,** Unterredungen u. mathem. Demonstrationen über 2 neue Wissenszweige etc. (1638.) 3. u. 4. Tag mit 90 Fig. im Text. Aus dem Italien. u. Latein. übers. u. herausg. von A. von Oettingen. (141 S.) *M* 2.—.

» 25. —— —— (1638.) Anhang zum 3. u. 4. Tag, 5. u. 6. Tag, mit 23 Fig. im Text. Aus dem Italien. u. Latein. übers. u. herausg. von A. von Oettingen. (66 S.) *M* 1.20.

» 31. **Lambert's** Photometrie. (Photometria sive de mensura et gradibus luminis, colorum et umbrae). (1760.) Deutsch herausg. v. E. Anding. Erstes Heft: Theil I und II. Mit 35 Fig. im Text. (135 S.) *M* 2.—.

» 32. —— —— Zweites Heft: Theil III, IV und V. Mit 32 Figuren im Text. (112 S.) *M* 1.60.

» 33. —— —— Drittes Heft: Theil VI und VII. — Anmerkungen. Mit 8 Figuren im Text. (172 S.) *M* 2.50.

» 36. **F. Neumann,** Über ein allgemein. Princip der mathemat. Theorie inducirter elektr. Ströme. (1847.) Herausg. von C. Neumann. Mit 10 Fig. im Text. (96 S.) *M* 1.50.

» 37. **S. Carnot,** Betrachtungen üb. d. bewegende Kraft d. Feuers und die zur Entwickelung dieser Kraft geeigneten Maschinen. (1824.) Übers. u. herausg. v. W. Ostwald. Mit 5 Fig. im Text. (72 S.) *M* 1.20.

» 40. **A. L. Lavoisier** u. **P. S. de Laplace,** Zwei Abhandlungen über die Wärme. (Aus den Jahren 1780 u. 1784.) Herausg. v. J. Rosenthal. Mit 13 Figuren im Text. (74 S.) *M* 1.20.

» 44. Das Ausdehnungsgesetz der Gase. Abhandlungen von **Gay-Lussac. Dalton, Dulong** u. **Petit, Rudberg, Magnus, Regnault.** (1802-1842.) Herausg. von W. Ostwald. Mit 33 Textfiguren. (213 S.) *M* 3.—.

» 52. **Aloisius Galvani,** Abhandlung üb. d. Kräfte der Electricität bei der Muskelbewegung. (1791.) Herausgegeben von A. J. v. Oettingen. Mit 21 Fig. auf 4 Taf. (76 S.) *M* 1.40.

» 53. **C. F. Gauss,** Die Intensität der erdmagnetischen Kraft auf absolutes Maass zurückgeführt. In der Sitzung der Kgl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen am 15. December 1832 vorgelesen. Herausgegeben von E. Dorn. (62 S.) *M* 1.—.

» 54. **J. H. Lambert,** Anmerkungen und Zusätze zur Entwerfung der Land- und Himmelscharten. (1772.) Herausgegeben von A. Wangerin. Mit 21 Textfiguren. (96 S.) *M* 1.60.

» 55. **Lagrange** u. **Gauss,** Abhandlungen über Kartenprojection. (1779 u. 1822.) Herausgegeben von A. Wangerin. Mit 2 Textfiguren. (102 S.) *M* 1.60.

» 56. **Ch. Blagden,** Die Gesetze der Überkaltung und Gefrierpunktserniedrigung. 2 Abhandlungen. (1788.) Herausgegeben von A. J. v. Oettingen. (49 S.) *M* —.80.

» 57. **Fahrenheit, Réaumur, Celsius,** Abhandlungen über Thermometrie. (1724, 1730—1733, 1742.) Herausgegeben von A. J. v. Oettingen. Mit 17 Fig. im Text. (140 S.) *M* 2.40.

» 59. **Otto von Guericke's** neue »Magdeburgische« Versuche über den leeren Raum. (1672.) Aus dem Lateinischen übersetzt und mit Anmerkungen herausgegeben von Friedrich Dannemann. Mit 15 Textfiguren. (116 S.) *M* 2.—.

OSTWALD'S KLASSIKER
DER EXAKTEN WISSENSCHAFTEN.
Nr. 59.

OTTO VON GUERICKE'S

NEUE „MAGDEBURGISCHE" VERSUCHE

ÜBER

DEN LEEREN RAUM.

(1672.)

WILHELM ENGELMANN IN LEIPZIG.

O. v. GUERICKE, „MAGDEB. VERSUCHE." 59